

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **“МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИМИ МЕРЕЖАМИ,
ЩО ЗАСНОВАНІ НА СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНІЙ АРХІТЕКТУРІ”**

Виконав: студент 6 курсу, групи ТСДМ-63
спеціальності

172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Музичук І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Горбенко В.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

телекомунікаційних систем та мереж

В.Ф. Заїка

“ ”

_____ 2019 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Музичуку Ігору Вікторовичу

1. Тема роботи: “Методи управління мультисервісними мережами, що засновані на сервіс-орієнтованій архітектурі”,

керівник роботи Горбенко Володимир Михайлович, к.в.н., доцент,
затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.11.2019 №518.

2. Строк подання студентом роботи 20.12.2019 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1 Мультисервісна мережі.
2. Показники оцінки стану мультисервісної мережі.
3. Усунення несправностей в мультисервісних мережах.
4. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Аналіз методів управління в мультисервісних мережах.
2. Відбір показників оцінки стану мультисервісної мережі.
3. Управління запитами користувачів у мультисервісних мережах.
4. Управління усуненням несправностей в мультисервісних мережах.

5. Перелік графічного матеріалу (назва слайдів презентації):
1. Мета роботи;
 2. Аналіз вимог до мультисервісних мереж;
 3. Типова структура системи управління мережею;
 4. Аналіз показників оцінки стану мультисервісної мережі (1);
 5. Аналіз показників оцінки стану мультисервісної мережі (2);
 6. Побудова імітаційної моделі мультисервісної мережі;
 7. Отримані графіки;
 8. Алгоритм управління усуненням несправностей в мультисервісних мережах;
 9. Висновки.

6. Дата видачі завдання 11.09.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір науково-технічної літератури	27.09.19	Викон
2.	Аналіз методів управління в мультисервісних мережах	15.10.19	Викон
3.	Відбір показників оцінки стану мультисервісної мережі	31.10.19	Викон
4.	Управління запитами користувачів у мультисервісних мережах	15.11.19	Викон
5.	Управління усуненням несправностей в мультисервісних мережах	29.11.19	Викон
6.	Висновки, вступ, реферат	10.12.19	Викон
7.	Розробка демонстраційних аркушів	18.12.19	Викон

Студент

Музичук І.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Горбенко В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської кваліфікаційної роботи: 78 сторінок; 22 рисунки, 7 таблиць, 34 джерела.

Об'єкт дослідження – процес управління послугами в мультисервісних мережах.

Предмет дослідження - методи управління мультисервісними мережами, що оснований на сервіс-орієнтованій архітектурі.

Мета роботи – визначити показники оцінки стану мультисервісної мережі та розробити алгоритм моніторингу несправностей в мультисервісних мережах.

Методи дослідження – теорія масового обслуговування; аналітичне моделювання і методи імітаційного моделювання.

Для підвищення якості обслуговування в мультисервісних мережах за рахунок удосконалення методів управління послугами в мультисервісних мережах вирішено наступні завдання: проведено аналіз існуючих технологій побудови систем управління; визначено набір показників якості для системи управління мультисервісними мережами; проведено аналіз класифікації несправностей та управління відновленням сервісів мультисервісної мережі; розроблено алгоритм управління усуненням несправностей в мультисервісних мережах

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ, АРХІТЕКТУРА, АЛГОРИТМ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ, ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ, МЕРЕЖА ДОСТУПУ, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, ЧАС ЗАТРИМКИ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	10
1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ.....	13
1.1. Аналіз архітектури мультисервісних мереж.....	13
1.2. Аналіз вимог до мультисервісних мереж.....	16
1.3. Аналіз існуючих технологій та засобів управління мультисервісними мережами	19
2. ВІДБІР ПОКАЗНИКІВ ОЦІНКИ СТАНУ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ	33
2.1. Аналіз показників якості роботи мережі.....	33
2.2. Аналіз вимог різних видів трафіку до ресурсів мережі.....	36
2.3. Оцінка інформативності показників якості роботи мультисервісної мережі	40
3. УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ	48
3.1. Класифікація типів несправностей.....	48
3.2. Розробка методу локалізації несправностей в мультисервісних мережах.....	50
3.3. Дослідження ефективності процесів управління усуненням несправностей.....	55
3.4. Розробка моделі усунення несправностей в мультисервісній мережі.....	60
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

CIM	Common Information Management. Загальна інформаційна модель
COM	Component Object Model. Об'єктна модель компонентів
CORBA	Common Object Request Broker Architecture. Загальна архітектура брокера об'єктних запитів
DCOM	Distributed COM. Розподілена COM
DMTF	Distributed Management Task Force. Організація з завдань розподіленого управління
ESB	Enterprise Service Bus. Сервісна шина підприємства
IIOP	Internet Inter-ORB Protocol. Міжброкерний протокол для Інтернет
ISO	International Organization for Standardization. Міжнародна організація зі стандартизації
ITU	International Telecommunications Union. Міжнародний союз електророзв'язку
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunications Standardization Sector. Сектор стандартизації електророзв'язку ITU
MIB	Management Information Base. База даних мережевих пристроїв
NGN	Next Generation Network. Мережа зв'язку наступного покоління
OSS/BSS	Operation Support System/Business Support System. Система підтримки операцій/система підтримки бізнесу
QoS	Quality of Service. Якість обслуговування
RMI	Remote Method Invocation. Архітектура виклику віддаленого доступу
RMON	Remote Network MONitoring. Протокол моніторингу мереж
SLA	Service Level Agreement. Угода про рівень послуг
SNMP	Simple Network Management Protocol. Протокол управління мережами зв'язку
SOA	Service-Oriented Architecture. Сервіс-орієнтована архітектура

TMN	Telecommunication Management Network. Система управління мережами операторів електрозв'язку
WBEM	Web-Based Enterprise Management. Веб-орієнтована архітектура
ІЧГ	Імовірно-часовий граф
СМО	Система масового обслуговування
СУ	Система управління
ТКС	Телекомунікаційна система
ПЗ	Програмне забезпечення

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Наразі в Україні розвиток телекомунікаційної галузі відбувається в напрямку стрімкого розширення спектра послуг, що надаються користувачеві. Розвиток телекомунікаційних систем характеризується впровадженням нових телекомунікаційних технологій, а також конвергенцією різних видів телекомунікаційних та інформаційних технологій.

Обсяг інформації, що передається через інформаційно-телекомунікаційну інфраструктуру, збільшується з кожним роком. Розвиток цієї інфраструктури призводить до впровадження великої кількості мультисервісних послуг. Ринкові умови в сфері телекомунікацій в усьому світі висувають нові вимоги до введення в експлуатацію та підтримки необхідної якості нових мультисервісних послуг.

Сучасні мультисервісні послуги надаються на основі нових телекомунікаційних технологій, які є основою створення і побудови мереж зв'язку наступного покоління (Next Generation Network, NGN) [1], які в першу чергу спрямовані на забезпечення якості обслуговування та надання користувачам широкого спектру послуг.

Стрімке зростання кількості послуг, що надаються, ускладнює вирішення питань проектування та планування мереж зв'язку, в тому числі і мереж зв'язку наступного покоління. Якість надання існуючих послуг і можливість впровадження нових стає визначальним фактором при проектуванні мультисервісних мереж. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають завдання підвищення ефективності систем управління в мультисервісних мережах з метою забезпечення заданої якості обслуговування користувачів при наданні послуг.

Найбільш поширеною концепцією управління мережами зв'язку наступного покоління є концепція TMN (Telecommunication Management Network) [2]. Однак вона не дозволяє повною мірою вирішувати покладені на неї завдання управління і забезпечення заданого рівня якості обслуговування. У першу чергу це пов'язано з підвищенням різноманітності як апаратного, так і програмного забезпечення, яке

впроваджується для реалізації нових послуг в мультисервісних мережах [3]. Таким чином, на сучасному етапі розвитку телекомунікацій існуюча концепція TMN не повною мірою відповідає вимогам впровадження нових мультисервісних послуг та їх управління. Це викликало необхідність розробки нових технологічних підходів для реалізації систем управління мультисервісними мережами.

На сьогоднішній день практична реалізація рівня управління послугами сучасних мультисервісних мереж виконується в рамках декількох технологічних підходів: загальна архітектура брокера об'єктних запитів [4 - 6], розподілена об'єктна модель компонентів [7, 8], сервіс-орієнтована архітектура [9, 10, 11]. Кожен із зазначених підходів має свої особливості при організації надання послуг та управління мережею.

Аналіз існуючих технологій побудови систем управління в мультисервісних мережах [17] показав, що забезпечення ефективної роботи системи управління орієнтовано тільки на рівень транспорту і рівень доступу. Так само досить слабо вирішено завдання маршрутизації запитів користувачів і балансування навантаження.

Значний внесок у розвиток і удосконалення систем управління в мультисервісних мережах за останнє десятиліття внесло багато вчених. Розвитку методів управління та розробці елементів теорії проектування систем управління мультисервісними мережами і послугами присвячені роботи Беркман Л.Н., Костіна А.А., Захарова Г.П., Лазарева В.П., Мочалова В.П., а також зарубіжних дослідників Тоунед П., Лукер Н., Перрі Д.Е. та ін.

Сучасні методи управління мультисервісними мережами дозволяють здійснювати управління тільки на нижніх рівнях моделі OSI, що робить неможливою оцінку параметрів якості QoS мультисервісних послуг, які надаються. Таким чином, актуальним є наукове завдання, яке полягає в підвищенні якості обслуговування в мультисервісних мережах шляхом удосконалення методів управління послугами, що забезпечують надійність надання сервісів в мультисервісних мережах.

Запропоновані методи дозволять підвищити ефективність забезпечення необхідної якості обслуговування в мультисервісних мережах за рахунок реалізації процедур моніторингу стану та усунення несправностей, отже, тема роботи є актуальною.

Мета роботи - дослідити методи управління мультисервісними мережами, що засновані на сервіс-орієнтованій архітектурі.

Об'єкт дослідження - процес управління послугами в мультисервісних мереж, що базуються на сервіс-орієнтованій архітектурі.

Предмет дослідження - методи управління мультисервісними мережами, що основані на сервіс-орієнтованій архітектурі.

Методи дослідження. Проведені дослідження базуються на основних положеннях теорії масового обслуговування, теорії телетрафіку та теорії графів, аналітичному моделюванні та методах імітаційного моделювання.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати магістерської атестаційної роботи доповідалися на конференціях Державного університету телекомунікацій та опубліковано в науковому журналі “Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв’язку”.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

1.1 . Аналіз архітектури мультисервісних мереж

Зростання популярності мультисервісних мереж зв'язку - одна з найпомітніших тенденцій ринку телекомунікаційних послуг останніх років [3, 22].

Мультисервісна мережа являє собою універсальне середовище для передачі будь-якого типу трафіку (дані, голос, відео). До мультисервісних мереж застосовуються підвищені вимоги з точки зору надійності, гарантованості надання сервісу та мінімальної вартості передачі в розрахунку на одиницю об'єму інформації.

До основних особливостей сучасних мультисервісних мереж можна віднести [23, 24]:

- універсальний характер обслуговування різних типів додатків;
- незалежність від технологій послуг зв'язку та гнучкість отримання різного набору, обсягу та якості послуг;
- повна прозорість взаємин між постачальником послуг і користувачами;
- можливість передачі великій кількості користувачів в реальному часі дуже великих обсягів інформації з необхідною синхронізацією і з використанням складних конфігурацій з'єднань;
- інтелектуальність (управління послугою, викликом і з'єднанням з боку користувача або постачальника сервісу, роздільна тарифікація і керування умовним доступом);
- інваріантність доступу (організація доступу до послуг незалежно від технології, що використовується);
- комплексність послуги (можливість участі декількох провайдерів в наданні послуги і поділ їх відповідальності та прибутку згідно з видом діяльності кожного).

Базовими поняттями для мультисервісних мереж виступають якість обслуговування (QoS) і угода про рівень (якість) надання послуг мережі (Service

Level Agreement, SLA) [25, 26, 27]. Перехід до нових мультисервісних технологій змінює саму концепцію надання послуг, коли якість гарантується не тільки на рівні договірних угод з постачальником послуг і вимог дотримання стандартів, а й на рівні технологій і операторських мереж.

В основі архітектури сучасних мультисервісних мереж лежить концепція NGN (рис. 1.1), що забезпечує надання широкого спектру послуг з гнучкими можливостями управління, персоналізації і створення нових послуг за рахунок уніфікації мережевих рішень [28, 29, 30].

В [1] NGN визначається як «Мережа зв'язку наступного покоління (NGN) – це концепція побудови мереж зв'язку, що забезпечують надання необмеженого набору послуг з гнучкими можливостями щодо їх управління, персоналізації і створення нових послуг за рахунок уніфікації мережевих рішень, що припускає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесенням функцій надання послуг в кінцеві мережеві вузли і інтеграцію з традиційними мережами зв'язку».

З даного визначення можна зробити основний висновок про те, що NGN передбачає наявність універсального базового транспортного середовища.

На сьогоднішній день концепція NGN досить детально описана в рекомендаціях ITU-T Y.2001 (Загальний огляд NGN) [1] і Y.2011 (Загальні принципи і загальна еталонна модель для мереж наступного покоління) [31].

Концепцію NGN Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) розглядає як складову частину концепції Глобального інформаційного суспільства (ГІС), основою якого є Глобальна інформаційна інфраструктура (ГІІ).

Рекомендація Y.2001 [31] визначає цільові та фундаментальні характеристики NGN, однією з яких є принцип технологічного поділу транспорту, послуг і додатків. У зазначеній рекомендації регламентовані основні можливості NGN, позначені такі ключові проблеми, як архітектурні принципи та моделі, реалізація якості обслуговування за принципом «з кінця в кінець», управління NGN, безпека, нумерація і адресація, стійкість до впливу дестабілізуючих

факторів і т.д. Також в рекомендації Y.2011 визначена роль NGN в ГП, розглянуто взаємозв'язок NGN з базовою еталонною моделлю взаємодії відкритих систем, описаний принцип відділення транспортного рівня мережі від рівня формування послуг, визначено структуру загальної функціональної моделі NGN, розглянуто міжмережеву взаємодію NGN з іншими мережами і т.д.

Основа NGN складає багаторівнева архітектура (рис. 1.1), що реалізує функції доступу, транспорту та управління [36, 37].

Рівень управління послугами та бізнесом являє собою сукупність декількох серверів послуг, які забезпечують:

- надання (підтримку) різних послуг зв'язку;
- безпосереднє керування послугами;
- створення та впровадження нових послуг;
- взаємодію різних послуг.

До основних відносять послуги телефонії, передачі даних, аудіо- та відеоконференцій, телебачення і т.д. За різні типи послуг відповідають різні сервери, відокремлені від транспортного рівня. Наявність цього рівня дозволяє також вводити нові послуги без втручання у функціонування інших рівнів. Підтримка одночасно декількох служб в рамках однієї системи телекомунікацій визначила назву мультисервісних ТКС.

Рівень якості обслуговування запитів користувачів обумовлюється в спеціальному договорі - угоді про рівень обслуговування SLA. У цій угоді, крім усього іншого, обумовлюються числові значення параметрів якості обслуговування, критичних для послуги, що надається [32]. За виконання обумовлених у SLA вимог відповідають технологічні засоби рівня мережевого управління та рівня транспорту. При цьому рівень мережевого управління виконує функції адміністративного управління та управління технічної експлуатації, наприклад, з використанням технології TMN [2].

Рівень транспорту ґрунтується на технологіях пакетної комутації і призначений для забезпечення транспортування пакетів між окремими мережами доступу. Телекомунікаційна мережа, що реалізує функції рівня транспорту NGN з

використанням технологій IP (Internet Protocol) і ATM (Asynchrony Transfer Mode) і називається транспортною мережею.

Рівень термінального обладнання включає в себе різні типи кінцевих пристроїв, терміналів - обладнання, встановленого на стороні користувача (клієнта). Окремі термінали (телефони, комп'ютери тощо) можуть об'єднуватися в локальні мережі - мережі доступу, за допомогою яких користувачі використовують ресурс транспортної мережі в ході отримання тієї чи іншої послуги. Мережі доступу утворюють рівень доступу в архітектурі NGN (рис. 1.1).

До сучасних телекомунікаційних систем висувається вимога підтримки мультисервісних послуг [33]. Ця вимога реалізується за рахунок використання технологій управління якістю обслуговування (QoS), які дозволяють врахувати різні вимоги до параметрів мережі при наданні різних послуг [34, 38].

1.2 . Аналіз вимог до мультисервісних мереж

Розвиток мультисервісних мереж висуває на передній план цілий комплекс наукових і технологічних проблем. У першу чергу дані проблеми пов'язані з вибором технологій передачі мультимедійної інформації по мережах з комутацією пакетів, але так само значну роль відіграє вибір архітектури і способів управління в такій мережі.

Вибір тієї чи іншої технології в якості базової для транспортної мережі в рамках концепції NGN залежить від ступеня задоволення комплексу вимог, продиктованих усіма учасниками ринку зв'язку - користувачами, операторами зв'язку та виробниками телекомунікаційного обладнання. Головною вимогою, що пред'являється до мультисервісної мережі, є виконання системою її основної функції - надання користувачам широкого спектру послуг із забезпеченням заданого рівня QoS [28, 33]. Всі інші вимоги пов'язані з якістю виконання основної функції. Загалом комплекс загальносистемних вимог до сучасних і перспективних ТКС варто розділити на три групи: функціональні, організаційні та технологічні вимоги (рис. 1.2).

Основними *технологічними вимогами* є:

- висока продуктивність (пропускна здатність) ТКС;
- надійність ТКС як на експлуатаційному рівні (відмовостійкість), так і на рівні доставки пакетів (імовірність доставки);
- висока масштабованість, під якою розуміється здатність ТКС зберігати свою продуктивність в заданих межах в умовах зростання територіальної розподіленості мережевих елементів, кількості та типу трафіків, що обслуговуються, збільшення числа мережевих вузлів і трактів передачі, а також розширення спектру показників якості обслуговування;
- ефективність використання мережевих ресурсів;
- "широкосмуговість", під якою розуміється можливість гнучкої і динамічної зміни швидкості передачі інформації в широкому діапазоні залежно від поточних потреб користувача;
- семантична і часова прозорість ТКС, тобто система повинна бути інваріантною до структури трафіку існуючих мережевих технологій і забезпечувати в заданих межах значення імовірісно-часових показників якості його обслуговування.

До числа *функціональних вимог* варто віднести наступні:

- мультисервісність, під якою розуміється здатність надання широкого набору послуг і сервісів із забезпеченням незалежності технологій надання послуг від транспортних технологій;
- забезпечення широкого спектра градацій якості обслуговування користувачів, підтримка класів обслуговування, поєднуючи жорстке і м'яке виділення ресурсів, синхронне і асинхронне мультиплексування; мобільність і персоналізація послуг, можливість гнучкого і швидкого створення нових послуг;
- доступність або "інваріантність доступу", що виявляється в тому, що інфокомунікаційні послуги повинні надаватися користувачам незалежно від способів доступу (технології, що використовується);
- гетерогенність та інтегрованість (конвергентність), тобто мережа, що

складається з різнотипних елементів, повинна функціонувати скоординовано і злагоджено, як єдине ціле;

- мультипротокольність, під якою розуміється властивість забезпечувати перенесення (транспортування) різних видів інформації з використанням різних протоколів передачі і підтримкою сервісів, як з встановленням, так і без встановлення з'єднання;
- мультимедійність, під якою розуміється здатність ТКС передавати багатокомпонентну інформацію (мова, дані, відео, аудіо) з необхідною синхронізацією цих компонентів в реальному часі і використанням складних конфігурацій з'єднань;
- інтелектуальність, під якою розуміється можливість управління послугою, викликом і з'єднанням з боку користувача (постачальника) послуг.

До основних *організаційних вимог* належать:

- керованість мережі, що має на увазі можливість контролю стану основних елементів мережі, виявлення та усунення проблем, що виникають у процесі експлуатації ТКС, аналізу продуктивності і здатності оперативного нарощування та планування розвитку мережі;
- забезпечення взаємодії вузлів постачальників послуг для їх спільного надання;
- здатність до реконфігурації системи з метою забезпечення врахування умов функціонування (для військових ТКС - адаптація до умов можливих військових операцій і сценаріїв розгортання збройних сил);
- відкритість архітектури, тобто комунікаційні мережі мають будуватися на основі концепції відкритих систем, що дозволяють і надалі включати в них нові технології;
- безпека зв'язку;
- необхідна прихованість при функціонуванні в умовах антагоністичного середовища за рахунок резервування обладнання, мобільності, використання спеціальних засобів захисту від впливу ворога, що

забезпечують стійкість засобів зв'язку, низьку ймовірність перехоплення і виявлення;

- сумісність, тобто нові технології повинні бути сумісні з системами, що застосовуються в даний час, і системами, інтегрованими в них еволюційним шляхом, що виключає масову заміну комунікаційного устаткування. Системи повинні створюватися на основі загальних стандартів, щоб в умовах багатооператорності вони забезпечували повну сумісність устаткування для досягнення узгодженості дій учасників операцій. Такий підхід вимагає значних зусиль з міжнародного планування, координації та стандартизації, які передують процесам розробки та придбання систем зв'язку на рівні окремих держав;
- «багатооператорність», під якою розуміється можливість участі декількох операторів у процесі надання послуги і поділ їх відповідальності відповідно до їх сфери діяльності;
- економічність, тобто створення і впровадження нових систем і (або) послуг має здійснюватися з мінімальними фінансовими витратами і з застосуванням «масштабованих» технічних рішень при мінімальній стартової вартості обладнання.

Сучасні мультисервісні мережі передають трафік, що генерується сервісами та додатками найрізноманітнішого характеру. Користувач залишається задоволеним, якщо послуга перевершує, або хоча б не є нижчою за рівень його очікувань. Очікування користувача залежать від його попереднього досвіду, а також від ціни, яку він готовий заплатити. У свою чергу, задоволення оператора досягається за рахунок ведення стабільного і досить прибуткового бізнесу. Таким чином, оператор намагається задовольнити очікування користувачів, і, отже, забезпечити необхідний рівень QoS з мінімально можливою кількістю ресурсів і з урахуванням найбільш ефективного способу їх використання. QoS може бути визначено у відповідності з різними критеріями і факторами [35].

1.3 . Аналіз існуючих технологій та засобів управління

мультисервісними мережами

Аналіз технологій побудови систем управління в мультисервісних мережах

Для управління мультисервісної мережею потрібна високорівнева інтелектуальна система. У мережі одночасно передається безліч різних видів трафіку, причому для кожного з них потрібно безумовне дотримання одних параметрів і допускаються більш-менш серйозні поступки щодо інших, потрібне використання спеціалізованих засобів, що не допускають перевантаження мережі і порушення необхідної якості обслуговування. Також важливо, що використання єдиного транспортного середовища дозволяє знизити витрати на побудову та експлуатацію мережі за рахунок уніфікації устаткування, стандартів, технологій та єдиної системи управління. З іншого боку сучасні мультисервісні мережі мають широкі можливості з підтримки заданого SLA - якість і рівень обслуговування гарантуються не тільки на рівні договірних угод з сервіс-провайдером, а й на рівні технологій.

Об'єктна модель компонентів COM/DCOM.

COM (англ. Component Object Model - Об'єктна Модель Компонентів) - це технологічний стандарт від компанії Microsoft, призначений для створення програмного забезпечення на основі взаємодіючих розподілених компонентів, кожен з яких може використовуватися в багатьох програмах одночасно [7]. На основі COM була створена технологія DCOM [8]. Архітектура DCOM (англ. Distributed COM - розподілена COM) заснована на технології DCE/RPC (різновиди RPC, Remote Procedure Call) [36]. DCOM дозволяє COM-компонентам взаємодіяти один з одним по мережі.

Управління в мережах, що базуються на архітектурі DCOM, здійснюється за допомогою COM run-time, який пропонує клієнтам і компонентам об'єктно-орієнтовані сервіси і використовує RPC і провайдер безпеки для генерації стандартних мережевих пакетів, що відповідають стандарту протоколу DCOM. RPC - стандарт мережевого програмування, що визначає потужну технологію для

того, щоб створювати розподілені програми клієнт/сервер. RPC заглушки (stub) і бібліотеки часу виконання (run-time library) керують більшістю процесів, що стосуються мережеских протоколів та зв'язку. DCE RPC - бінарний протокол на базі різних транспортних протоколів, в тому числі TCP/IP, який визначає стандарт для перетворення структур даних і параметрів в мережеві пакети [36].

На рис. 1.3 представлена загальна архітектура системи управління на основі DCOM.

Серед переваг даної архітектури варто відзначити мовну незалежність, динамічний/статичний виклик, динамічне знаходження об'єктів, масштабованість.

Але при переході від COM до DCOM розробники не усунули складність реалізації даної архітектури і залежність від платформи. отже, застосування даної архітектури доцільно лише в системах, в яких кожен компонент розподіленого DCOM-додатка повинен обов'язково виконуватися під управлінням операційної системи Windows, що не завжди зручно.

Головним конкурентом DCOM є інша відома розподілена архітектура побудови систем управління - CORBA.

Загальна архітектура брокера об'єктних запитів CORBA.

CORBA (скор. від англ. Common Object Request Broker Architecture - загальна архітектура брокера об'єктних запитів) - це технологічний стандарт написання розподілених додатків [4, 5, 37]. Завдання технології CORBA - здійснити інтеграцію ізольованих систем, дати можливість програмам, написаним на різних мовах, працюючим на різних вузлах мережі, взаємодіяти один з одним так само просто, як якби вони знаходилися в адресному просторі одного процесу [6, 38].

Основу управління в CORBA становить об'єктний брокер запитів (Object Request Broker, ORB). ORB управляє взаємодією об'єктів в розподіленому мережевому середовищі [37, 39].

IIOP (Internet Inter-ORB Protocol) - це протокол для організації взаємодії між різними брокерами, опублікований консорціумом OMG [37].

В адресному просторі клієнта функціонує спеціальний об'єкт, який

називається заглушкою (stub). Отримавши запит від клієнта, він пакує параметри запиту в спеціальний формат і передає його серверу, а точніше скелету. Скелет (skeleton) - об'єкт, що працює в адресному просторі сервера. Отримавши запит від клієнта, він розпаковує його і передає серверу. Також скелет перетворює відповіді сервера і передає їх клієнту (зглушці).

Взаємодію об'єктів в архітектурі CORBA представлено на рис.1.4.

Проведений аналіз показав, що значною перевагою CORBA відносно архітектур COM і DCOM є незалежність щодо платформ і широке коло виробників продуктів, що підтримують дану технологію [4, 37].

Впровадження архітектури управління CORBA, заснованої на ідеї відкритого розподіленого управління, дозволяє гнучко забезпечити взаємодію територіально розподілених компонентів системи управління.

Необхідно відзначити орієнтованість даної архітектури на програмно-реалізовані компоненти розподіленої системи управління, що дещо звужує її сферу застосування. Проте одним з основних недоліків даної архітектури є те, що зі збільшенням числа об'єктів, що взаємодіють, (переліку послуг, що надаються) різко підвищується складність реалізації протоколу взаємодії ПОР.

Відповідно, дана архітектура непридатна для застосування в системах з великою кількістю користувачів і кількістю сервісів, що надаються.

Архітектура виклику віддаленого доступу RMI.

Архітектура RMI (Remote Method Invocation, тобто виклик віддаленого методу), реалізує розподілену модель обчислень (рис. 1.5) [40].

Управління в RMI здійснюється за допомогою Client Stub (перехідника для клієнта) і Server Stub (перехідника для сервера), що породжені від загального інтерфейсу, але відмінність між ними в тому, що Client Stub служить просто для під'єднання до RMI Registry, а Server Stub використовується для зв'язку безпосередньо з функціями сервера.

Хоча RMI вважається легшою і менш потужною, ніж CORBA і DCOM, вона, тим не менш, володіє рядом унікальних властивостей, таких як розподілене

автоматичне управління об'єктами і можливість пересилати самі об'єкти від машини до машини.

При цьому, враховуючи те, що дана архітектура підтримує тільки одну мову - Java, вона викликає складності в інтеграції з існуючими додатками і погану масштабованість. Тому її застосування доцільно лише в системах, в яких всі надані послуги підтримують Java.

Архітектурі DCOM не вистачало універсальності; застосування CORBA сильно залежало від реалізації в продуктах різних постачальників, з'являлися нові об'єктні моделі, які не підтримують CORBA, інтеграція як і раніше реалізовувалася на досить низькому рівні, практично виключаючи можливість динамічної зміни зв'язків між додатками в процесі виконання.

Всі запропоновані засоби інтеграції не дозволяли враховувати специфіку бізнес-процесів, в яких ці програми використовувалися. Ці інтеграційні проблеми і призвели до появи ідеї сервіс-орієнтованої архітектури, що ґрунтується на вже існуючій технології Web-служб і протоколі SOAP [41].

Сервіс-орієнтована архітектура SOA.

Сервіс-орієнтована архітектура (англ. SOA, Service-Oriented Architecture) - новий підхід до створення розподілених інфраструктур, в яких програмні ресурси розглядаються як сервіси, що надаються по мережі [11].

В основі SOA лежать принципи багаторазового використання функціональних елементів (сервісів), які мають єдиний інтерфейс і використовують єдиний набір правил для визначення того, як викликати сервіси і як вони будуть взаємодіяти один з одним. Використання стандартних інтерфейсів дозволяє прозоро працювати на основі різноманітних платформ і на їх межах [9].

Web-сервіси [42], які базуються на широко поширених і відкритих протоколах (HTTP, XML, UDDI, WSDL і SOAP), займають центральне місце в SOA. Саме ці стандарти реалізують основні вимоги SOA - по-перше, сервіс повинен піддаватися динамічному виявленню і виклику (UDDI, WSDL і SOAP), по-друге, повинен використовуватися інтерфейс, незалежний від платформи

(XML).

HTTP забезпечує функціональну сумісність і встановлює окрему TCP-сесію на кожен запит [43]. На рис.1.6 представлено загальну схему управління SOA. Постачальник сервісу реєструє свої сервіси в реєстрі, а споживач звертається до реєстру із запитом.

Таким чином, найбільш відповідають вимогам, зазначеним у пункті 1.2, технології, побудовані на основі архітектур CORBA і SOA [17].

Аналіз рішень в галузі управління мультисервісними мережами

Мультисервісні мережі, як складні, гетерогенні, розподілені системи вимагають відповідних засобів управління.

До завдань таких засобів відноситься не тільки управління різними видами трафіку, причому з урахуванням вимог QoS, а й можливість усунення перевантажень і збоїв у роботі мережі.

Щоб надавати необхідні послуги, забезпечувати їх якість, правильно їх розподіляти і маршрутизувати, дуже важливо, щоб без помилок приймалися всі необхідні дані, незалежно від технології та типу обладнання. В якості систем управління такими мережами використовуються засоби діагностики, що представляють собою потужні інструменти (функції аналізу протоколів, контролю плану маршрутизації і т.д.), а також програмні системи OSS/BSS (Operation Support Systems/Business Support Systems) [35].

Системи підтримки функціонування підприємств зв'язку (OSS) представляють собою істотне розширення концепції побудови глобальних систем управління TMN [36, 37].

Розробники систем управління мультисервісними мережами об'єднали завдання управління бізнесом та управління мережею. Так на межі двох завдань з'явилась концепція OSS, яка, з одного боку, містила всі напрацювання TMN [15, 38], з іншого - забезпечувала жорстку економічну зв'язку OSS/BSS, з третього - додавала до них нові тенденції, досвід і деякі якісні доповнення, які завжди

супроводжують синтез двох незалежних ідей.

Сучасні системи OSS/BSS містять безліч модулів і підсистем, спрямованих на вирішення різних бізнес-задач. Поєднання різних модулів з корпоративними інформаційними системами (CRM, HelpDesk і т. д.) забезпечує необхідну функціональність для вирішення конкретних питань.

У сучасних OSS/BSS системах можна виділити наступні основні функції [35]:

- Inventory Management (Управління інвентаризацією);
- Performance Management (Управління продуктивністю);
- Routing Management (Управління з маршрутною інформацією в IP-мережах);
- Fault Management & Trouble Ticketing (Реєстрація та управління несправностями);
- Order Management (Управління замовленнями);
- Fraud Management (Боротьба з шахрайством);
- SLA Management (Управління рівнем сервісу);
- Network & Service Provisioning Management (Управління плануванням і розвитком послуг);
- WorkFlow Management (Управління спільною роботою).

Створення систем управління неможливе без орієнтації на певні стандарти.

На сьогоднішній день існує декілька стандартизованих підходів в області мережевого управління - SNMP, RMON та ін

Найбільш поширеним протоколом управління мережами є протокол SNMP, його підтримують сотні виробників. Головні переваги протоколу SNMP - простота, доступність, незалежність від виробників [9,13]. Значною мірою саме популярність SNMP затримала прийняття протоколу CMIP (Control Management Information Protocol) [5], варіанта керуючого протоколу за версією OSI (Open Systems Interconnection). Протокол SNMP розроблений для управління маршрутизаторами в мережі Internet і є частиною стеку TCP/IP.

SNMP - це протокол, що використовується для отримання від мережевих

пристроїв інформації про їх статус, продуктивність та характеристики, які зберігаються в спеціальній базі даних мережевих пристроїв, яка називається МІВ (Management Information Base) [13, 14].

Існують стандарти, що визначають структуру МІВ, в тому числі набір типів її змінних (об'єктів у термінології ISO), їх імена і допустимі операції цими змінними (наприклад, читати). У МІВ, поряд з іншою інформацією, можуть зберігатися мережевий та/або MAC-адреси пристроїв, значення лічильників оброблених пакетів і помилок, номери, пріоритети та інформація про стан портів. Деревоподібна структура МІВ містить обов'язкові (стандартні) піддерева, а також у ній можуть перебувати приватні піддерева, що дозволяють виробнику інтелектуальних пристроїв реалізувати будь-які специфічні функції на основі його специфічних змінних.

Агент в протоколі SNMP - елемент, який забезпечує менеджерам, розташованим на керуючих станціях мережі, доступ до значень змінних МІВ, і тим самим дає їм можливість реалізовувати функції управління та спостереження за пристроєм. Типова структура системи управління зображена на рис. 1.8.

Основні операції управління винесені в керуючу станцію. При цьому пристрій працює з мінімальними витратами на підтримку керуючого протоколу. Він використовує майже всю свою обчислювальну потужність для виконання своїх основних функцій маршрутизатора, моста або концентратора, а агент займається збором статистики і значень змінних стану пристрою і передачею їх менеджеру системи управління.

SNMP працює як протокол типу "запит-відповідь", тобто на кожен запит, що надійшов від менеджера, агент повинен передати відповідь.

Агенти RMON

Одним з останніх доповнень до функціональних можливостей SNMP є специфікація RMON (Remote Network MONitoring), яка забезпечує віддалену взаємодію з базою МІВ [14].

До появи RMON протокол SNMP не міг використовуватися віддаленим

чином, він допускав лише локальне управління пристроями. База RMON MIB володіє поліпшеним набором властивостей для віддаленого управління, оскільки містить агреговану інформацію про пристрій, що не вимагає передачі по мережі великих обсягів інформації. Об'єкти RMON MIB включають додаткові лічильники помилок в пакетах, гнучкіші засоби аналізу графічних трендів і статистики, більш потужні засоби фільтрації для захоплення і аналізу окремих пакетів, а також більш складні умови встановлення сигналів попередження.

Агенти RMON MIB більш інтелектуальні порівняно з агентами MIB-I або MIB-II і виконують значну частину роботи з обробки інформації про пристрій, яку раніше виконували менеджери. Ці агенти можуть розташовуватися усередині різних комунікаційних пристроїв, а також можуть бути виконані у вигляді окремих програмних модулів, що працюють на універсальних ПК і ноутбуках (прикладом може служити LANalyzerNovell) [9].

Об'єкту RMON присвоєно номер 16 в наборі об'єктів MIB, а сам об'єкт RMON об'єднує 10 груп наступних об'єктів [2]:

- Statistics - поточні накопичені статистичні дані про характеристики пакетів, кількість колізій і т.п.
- History - статистичні дані, збережені через певні проміжки часу для подальшого аналізу тенденцій їх змін.
- Alarms - порогові значення статистичних показників, при перевищенні яких агент RMON посилає повідомлення менеджеру.
- Host - дані про хости мережі, в тому числі і про їх MAC-адреси.
- HostTopN - таблиця найбільш завантажених хостів мережі.
- TrafficMatrix - статистика про інтенсивність трафіку між кожною парою хостів мережі, впорядкована у вигляді матриці.
- Filter - умови фільтрації пакетів.
- PacketCapture - умовия захвата пакетов.
- Event - умовия регистрации и генерации событий.

Дані групи пронумеровані у вказаному порядку, тому, наприклад, група Hosts має числове ім'я 1.3.6.1.2.1.16.4.

Десяту групу складають спеціальні об'єкти протоколу TokenRing.

Всього стандарт RMON MIB визначає близько 200 об'єктів у 10 групах, зафіксованих в двох документах - RFC 1271 для мереж Ethernet і RFC 1513 для мереж TokenRing.

Характерною рисою стандарту RMON MIB є його незалежність від протоколу мережевого рівня (на відміну від стандартів MIB-I і MIB-II, орієнтованих на протоколи TCP/IP). Тому, його зручно використовувати в гетерогенних середовищах, що використовують різні протоколи мережевого рівня.

Аналіз існуючих OSS\BSS рішень

Все різноманіття систем управління мультисервісними мережами можна розділити на кілька великих класів [22].

Системи управління мережею (Network Management Systems) - централізовані програмні системи, які збирають дані про стан вузлів і комунікаційних пристроїв мережі, а також дані про трафік, що циркулює в мережі.

Ці системи не тільки здійснюють моніторинг і аналіз мережі, а й виконують в автоматичному чи напівавтоматичному режимі дії щодо управління мережею - включення і відключення портів пристроїв, зміна параметрів адресних таблиць мостів, комутаторів і маршрутизаторів і т.п. Прикладами систем управління можуть служити популярні системи HPOpenView, SunNetManager, IBMNetView.

Засоби управління системою (System Management). Засоби управління системою часто виконують функції, аналогічні функціям систем управління, але по відношенню до інших об'єктів. У першому випадку об'єктом управління є програмне і апаратне забезпечення комп'ютерів мережі, а в другому - комунікаційне обладнання. Разом з тим, деякі функції цих двох видів систем управління можуть дублюватися, наприклад, засоби управління системою можуть виконувати найпростіший аналіз мережевого трафіку.

Вбудовані системи діагностики та управління (Embedded Systems). Ці системи виконуються у вигляді програмно-апаратних модулів, що встановлюються в комунікаційне обладнання, а також у вигляді програмних модулів, вбудованих в операційні системи. Вони виконують функції діагностики та управління тільки одним пристроєм, і в цьому їх основна відмінність від централізованих систем управління.

Прикладом засобів цього класу може служити модуль управління концентратором Distrebuted 5000, що реалізує функції автосегментації портів при виявленні несправностей, приписування портів внутрішнім сегментам концентратора і деякі інші. Як правило, вбудовані модулі управління "за сумісництвом" виконують роль SNMP-агентів, що постачають дані про стан обладнання для систем управління.

Аналізатори протоколів (Protocol Analyzers). Являють собою програмні або апаратно-програмні системи, які обмежуються, на відміну від систем управління, лише функціями моніторингу та аналізу трафіку в мережах. Хороший аналізатор протоколів може захоплювати і декодувати пакети великої кількості протоколів, що застосовуються в мережах - зазвичай кілька десятків.

Аналізатори протоколів дозволяють встановити деякі логічні умови для захоплення окремих пакетів і виконують повне декодування захоплених пакетів, тобто показують в зручній для фахівця формі вкладеність пакетів протоколів різних рівнів один в одного з розшифровкою змісту окремих полів кожного пакета.

Устаткування для діагностики та сертифікації кабельних систем. Умовно це устаткування можна поділити на чотири основні групи: мережеві монітори, прилади для сертифікації кабельних систем, кабельні сканери і тестери (мультиметри).

Експертні системи. Цей вид систем акумулює знання людини про виявлення причин аномальної роботи мереж і можливі способи приведення мережі в працездатний стан. Експертні системи часто реалізуються у вигляді

окремих підсистем різних засобів моніторингу та аналізу мереж: систем управління мережами, аналізаторів протоколів, мережевих аналізаторів.

Найпростішим варіантом експертної системи є контекстно-залежна help-система. Більш складні експертні системи являють собою так звані бази знань, що володіють елементами штучного інтелекту. Прикладом такої системи є експертна система, вбудована в систему управління Spectrum компанії Cabletron.

Багатофункціональні пристрої аналізу і діагностики. В останні роки у зв'язку з поширенням локальних мереж виникла необхідність розробки недорогих портативних приладів.

Ці прилади повинні поєднувати функції декількох пристроїв: аналізаторів протоколів, кабельних сканерів і, навіть, деяких можливостей ПЗ мережевого управління. Як приклад такого роду пристроїв можна привести Comras компанії MicrotestInc. або 675 LANMeter компанії FlukeCorp.

У табл. 1.1 представлені найбільш важливі порівняльні характеристики найпопулярніших систем управління мультисервісної мережею [22, 23].

Порівняння виконувалось за такими параметрами.

1. Формування звітів SLA (Service Level Agreement) відповідно до вимог. Контроль гарантованих параметрів якості обслуговування SLA, що визначають міжоператорські взаємини.
2. Формування трендів. Виявлення основних тенденцій динаміки показників якості роботи телекомунікаційної мережі.
3. Прогнозування трендів. Прогнозування зміни динаміки показників якості роботи телекомунікаційної мережі.
4. Аналіз топології мережі. Збір інформації про елементи мережі.
5. Використання агентної моделі моніторингу. Наявність пристроїв, що здійснюють збір і передачу інформації про роботу мережі.
6. Підтримка SNMP. Використання протоколу SMNP для обміну інформацією про стани об'єктів спостереження в режимі реального часу
7. Протоколування подій. Формування докладних записів про стан елементів мережі.
8. Датчики позаштатних ситуацій. Наявність пристроїв для сповіщення про виникнення критичних ситуацій, негативної тенденції зміни показників якості роботи телекомунікаційної мережі.
9. Розподілений моніторинг. Моніторинг сигнального обміну на предмет відповідності роботи обладнання специфікаціям протоколів.

Узагальнивши запропоновані рішення, можна синтезувати загальну архітектуру системи управління мультисервісної мережею (див. рис.1.9 а, б, в.).

Всі розглянуті системи базуються на використанні агентного підходу. Агенти збирають статистичну інформацію про роботу елементів мережі і передають її в центральну базу даних, після чого вона обробляється керуючими модулями.

До складу системи управління повинні входити такі компоненти:

- формування звітів,
- модуль управління SNMP,
- архів,

- консоль управління.

Модуль формування звітів дозволяє формувати з наявних даних інформацію для прийняття управлінських рішень. Модуль управління SNMP відповідає за збір інформації з агентів моніторингу та взаємодію з системами управління. Архів дозволяє упорядкувати зберігання статистичної інформації та організувати подальшу роботу з нею. Консоль управління реалізує функції конфігурування та управління системою.

За результатами аналізу можна зробити висновок про те, що запропоновані на світовому ринку системи управління схожі за функціоналом: всі вони надають майже однаковий мінімальний набір можливостей. Причому в основному завдання таких систем зведені в першу чергу до спостереження за станом системи на транспортному і мережевому рівнях. У той же час, рівень управління послугами в існуючих системах управління мультисервісними мережами практично не представлений.

2. ВІДБІР ПОКАЗНИКІВ ОЦІНКИ СТАНУ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 . Аналіз показників якості роботи мережі

При аналізі Рекомендації Y.1540 виділені основні показники якості роботи мережі, які є базовими при наданні мультисервісних послуг [33]:

- затримка;
- варіація затримки (джитер);
- кількість пакетів з помилками;
- кількість втрачених пакетів.

1) Затримка доставки пакета IP (IP packet transfer delay, IPTD). Затримка проявляється в ряді напрямків, включаючи час, необхідний для створення конкретної послуги від початкового запиту користувача і до моменту отримання конкретної інформації про надання послуг (IPTD). У загальному випадку оцінюється як:

$$T_3 = (t_2 - t_1), t_2 > t_1 \text{ и } (t_2 - t_1) \leq T_{\max},$$

де t_1 - момент введення пакету у вхідну точку мережі;

t_2 - момент виведення пакету з вихідної точки мережі.

Загалом, параметр IPTD визначається як час доставки пакета між джерелом і одержувачем для всіх пакетів - як успішно переданих, так і уражених помилками.

Згідно теореми Літтла середній час затримки доставки пакетів дорівнює відношенню середнього числа пакетів в черзі до інтенсивності обслуговування потоку запитів:

$$T_3 = \frac{L_q}{\lambda}, \quad (2.1)$$

де L_q - довжина черги;

λ - інтенсивність обслуговування пакетів.

Затримка - це параметр продуктивності мережі, який за змістом близький до часу відгуку мережі, але відрізняється тим, що завжди характеризує тільки мережеві етапи обробки даних, без затримок обробки кінцевими вузлами мережі.

На затримку повідомлень впливають такі фактори як закон розподілу інтервалів між повідомленнями, інтенсивність надходження, дисципліна пріоритетного обслуговування, інтенсивність обслуговування [58]. Так само зростання навантаження і зменшення доступних мережевих ресурсів ведуть до зростання черг у вузлах мережі і, як наслідок, до збільшення затримки доставки пакетів.

Не всі типи трафіка чутливі до затримок передачі пакетів, у всякому разі, до тих величин затримок, які характерні для телекомунікаційних мереж. Затримки пакетів, породжені файловою службою, службою електронної пошти або службою друку, мало впливають на якість функціонування цих служб з точки зору користувача мережі [19].

З іншого боку, такі ж затримки пакетів для послуг, що передають голосові або відеодані, можуть призводити до значного зниження якості наданої користувачеві інформації - виникненню ефекту "відлуння", неможливості розібрати деякі слова, вібрації зображення і т. п.

Мовна інформація і, почасти, відеоінформація є прикладами трафіку, чутливого до затримок, тоді як програми даних в основному менш чутливі до затримок. Пакети, у яких затримка доставки перевищує певні значення T_{max} , відкидаються.

У програмах реального часу (наприклад, в IP-телефонії) це веде до погіршення якості мови. Обмеження, пов'язані з середньою затримкою пакетів IP, грають ключову роль для успішного впровадження технології Voice over IP (VoIP), відео-конференцій та інших додатків реального часу. Цей параметр багато в чому визначає якість подібних додатків.

2) Варіація затримки пакета IP (IP packet delay variation, IPDV) - розкид максимального і мінімального часу проходження пакету від середнього.

Варіація затримки (джитер) при передачі пакета обчислюється для двох вузлів мережі і визначається як розкид затримки чергового пакету по відношенню до попереднього.

Джитер (IPDV) характеризується параметром V_k . Для IP-пакета з індексом k цей параметр визначається між вхідною і вихідною точками мережі у вигляді різниці між абсолютною величиною затримки X_k при доставці пакета з індексом k , і певною еталонною (або опорною) величиною затримки доставки пакета $d_{1,2}$ для тих же мережевих точок:

$$V_k = X_k - d_{1,2} \quad (2.2)$$

Еталонна затримка доставки пакета $d_{1,2}$ між джерелом і одержувачем визначається як абсолютне значення затримки доставки першого пакету між даними мережевими точками.

Варіація затримки пакета, або джитер, виявляється в тому, що послідовні пакети прибувають до одержувача в нерегулярні моменти часу. У системах IP-телефонії, наприклад, це веде до спотворень звуку і, в результаті, до того, що мова стає нерозбірливою.

3) Коефіцієнт втрати пакетів IP (IP packet loss ratio, IPLR) визначається як відношення сумарного числа втрачених пакетів до загального числа прийнятих в обраному наборі переданих та прийнятих пакетів:

$$IPLR = \frac{\sum_t LP}{\sum_t RP} \quad (2.3)$$

де LP - кількість втрачених пакетів;

RP - кількість прийнятих пакетів.

Втрати пакетів в мережах IP виникають в тому випадку, коли значення затримок при їх передачі перевищує нормоване значення, визначене як T_{max} . Якщо пакети губляться, то при передачі даних можлива їх повторна передача за запитом приймаючої сторони.

У системах VoIP, наприклад, пакети, які прийшли до одержувача з затримкою, що перевищує T_{max} , відкидаються, що веде до провалів в прийнятій мови [10].

Серед причин, що викликають втрати пакетів, необхідно відзначити зростання черг у вузлах мережі, що виникають при перевантаженнях.

4) Коефіцієнт пакетів з помилками IP (IP packet error ratio, IPER) визначається як відношення сумарного числа пакетів, прийнятих з помилками, до суми успішно прийнятих і пакетів, прийнятих з помилками:

$$IPER = \frac{\sum_i RPE}{\sum_i RPS + RPE}, \quad (2.4)$$

де RPE - кількість пакетів, прийнятих з помилками;

RPS - кількість успішно прийнятих пакетів.

Рекомендація Y.1540 визначає числові значення параметрів, що специфіковані в ній, які повинні виконуватися в мережах на міжнародних трактах, що з'єднують термінали користувачів [33, 37].

2.2 . Аналіз вимог різних видів трафіку до ресурсів мережі

Згідно Рекомендації Y.1541 [37] норми на параметри розділені за класами QoS, які визначені в залежності від типу послуг і мережевих механізмів, що застосовуються для забезпечення гарантованої якості обслуговування.

У табл. 2.1 представлені норми на визначені в пункті 2.1 мережеві

характеристики.

1. Занадто тривалий час проходження призведе до невиконання вимог до IPTD в класах 0 і 2. Відповідно до визначення параметра IPTD в Рек. МСЕ-Т У.1540 час вставки пакету включено в вимогу до IPTD. Рекомендацією передбачається максимальний розмір інформаційного поля пакета, що дорівнює 1500 байт.

2. Обмеження для значення IPTD може бути отримано з верхнього обмеження мінімального значення IPTD, тому обмеження для «1» - 10-3 квантиля можна отримати шляхом додавання значення IPTD і значення IPDV (наприклад, 150 мс в класі 0).

Таблиця 2.1.

Норми для характеристик мереж IP з розподілом за класами якості

Мережеві характеристики	Класи QoS					
	0	1	2	3	4	5
Затримка доставки пакета IP,	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	Н
Варіація затримки пакета IP,	50 мс ⁽³⁾	50 мс	Н	Н	Н	Н
Коефіцієнт втрати пакетів IP, IPLR	$1 \times 10^{-3(4)}$	$1 \times 10^{-3(4)}$	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	Н
Коефіцієнт помилок пакетів IP, IPER	$1 \times 10^{-4(5)}$	$1 \times 10^{-4(5)}$	$1 \times 10^{-4(5)}$	$1 \times 10^{-4(5)}$	$1 \times 10^{-4(5)}$	Н

Примітки: Н - не нормовано

3. Значення затримки залежить від пропускної здатності міжмережєвих каналів. Зменшення змін можливе, якщо всі значення пропускних здатностей вище, ніж основна швидкість (2048 кбіт/с і більше) або конкуруючі інформаційні поля пакетів менше 1500 байт.

4. Вимоги класів «0» і «1» для параметра IPLR частково засновані на дослідженнях, що показують, що значення 10-3 IPLR істотно не впливатимуть на програми високоякісної передачі мови і мовні кодеки.

5. Це значення гарантує, що втрата пакетів є основним джерелом

помилки і що дане значення є припустимим при передачі протокола IP по мережі ATM.

Значення параметрів, наведені в таблиці, являють собою, відповідно, верхні межі для середніх затримок, джитера, втрат і помилок пакетів.

Вибір класу обслуговування (CoS - Class of Service) здійснюється користувачем з урахуванням інформації, що передається, відомостей про тарифи та інших міркувань.

При цьому розподіл ресурсів і процеси управління трафіком повинні бути скоординовані в умовах наявності великої кількості різноманітних послуг із суттєво відмінними вимогами до робочих характеристик мережі (див. табл. 2.2).

Потокове аудіо

Насамперед, це такі послуги як радіомовлення, аудіо за запитом (Music on Demand). Для цього типу трафіку значення параметрів продуктивності інформаційно-обчислювальної мережі згідно [33,37] вписуються в класи «0», «1». Для інтерактивних послуг (Music on Demand) клас обслуговування - «0», для послуг радіомовлення клас обслуговування - «1».

Потокове відео

Насамперед, це такі послуги як телемовлення, відео за запитом (Video on Demand). Для них вірні такі загальні вимоги [37]:

- гарна якість відео;
- висока готовність;
- середня інтерактивність (визначається для зворотного потоку).

Ці вимоги повинні бути переведені в величини для вимог, що висуваються до транспортування даних по мультисервісної мережі. У зв'язку з великим розміром одиничного потоку (від 3,5 Мбіт для MPEG-2 та від 2 Мбіт для H.264) і принципами кодування, що використовуються, пред'являються підвищені вимоги до втрат пакетів.

Для чудової якості обслуговування (Excellent Service Quality, ESQ) значення IPLR має бути мінімальним. Також слід зазначити, що параметр затримки може сильно відрізнятись в залежності від сервісу потокового відео. Зокрема, для відео за запитом, "мережевого відеомагнітофона" і близьких за архітектурою сервісів ці вимоги зростають, так як потрібна велика інтерактивність. Так як останні послуги більш вимогливі до параметрів продуктивності телекомунікаційних мереж, то порогове значення має сенс визначати і для цих типів послуг. Згідно Рекомендації Y.1541 [37] значення IPTD, IPDV, IPLR, IPER відповідають класу обслуговування «5» самої рекомендації.

Інтерактивне аудіо і відео

Даний тип послуг в основному визначається телефонними дзвінками (VoIP), аудіо- та відеоконференціями з низькою роздільною здатністю. Згідно стандартам [33, 37] одностороння затримка не повинна перевищувати 150 мс, джитер - 30-50 мс, так як перевищення цього порога сильно впливає на якість сприйняття мови. При значеннях затримки менших 100 мс користувачі послуги її не помічають. Значення втрат пакетів не повинні перевищувати поріг 1 - 5% залежно від кодека. Клас обслуговування, що найбільш оптимально відповідає цим вимогам згідно [37] - «0».

Інтерактивний трафік даних

До цього класу трафіку слід віднести веб-серфінг, telnet, ssh, інтерактивний обмін повідомленнями (наприклад, чат). Клас даного трафіку - «2».

Ігровий трафік

Значення затримки для хорошої і відмінної якості сервісу не повинні перевищувати 100 мс, значення джитера повинно бути менше 50 мс, а рівень втрат пакетів повинен залишатися нижче 1%.

Інший трафік

Як правило, це трафік обміну файлами, поштових сервісів та інших, служб, не критичних до затримок. Клас обслуговування - «4».

У загальному випадку якість обслуговування QoS включає в себе як показники роботи мережі (коефіцієнт помилок по бітам, запізнювання та ін), так і

показники, що не відносяться до роботи мережі (тривалість ремонту, діапазон тарифів та час усунення несправностей і т.д.). Тому слід враховувати, що список критеріїв QoS для конкретної послуги залежатиме від типу наданої послуги, та їх значення може змінюватися залежно від сегментів сукупності абонентів [25].

Проведення аналізу роботи мережі з урахуванням впливу кожного з параметрів, що впливають, являє собою складну задачу, яка не завжди вирішується. Слід врахувати, що якість роботи мультисервісної мережі залежить від великої кількості різноманітних параметрів (пункт 2.1). Тому важливим завданням є вибір найбільш чутливих до змін показників якості роботи мережі.

2.3 . Оцінка інформативності показників якості роботи мультисервісної мережі

На сьогоднішній день основним методом дослідження телекомунікаційних систем як складних динамічних систем можна вважати аналіз динаміки мультисервісної мережі диференційно-різницевиими рівняннями стану [21,39].

Динаміка інформаційного обміну в мультисервісній мережі може бути описана системою з $N(N-1)$ рівнянь виду:

$$x_{i,j}(k+1) = x_{i,j}(k) + \sum_{m=1, m \neq i}^N b_{m,i}(k) \cdot u_{m,i}^j(k) - \sum_{m=1, m \neq j}^N b_{i,m}(k) \cdot u_{i,m}^j(k) + y_{i,j}(k), \quad (2.5)$$

де $x_{i,j}(k)$ - обсяг даних, що знаходяться на елементі мережі i і призначений для передачі елементу j в момент k ($k = 0, 1, 2 \dots$);

N - кількість елементів мережі;

$$b_{i,m}(k) = c_{i,m} \cdot \Delta t, \quad b_{m,i}(k) = c_{m,i} \cdot \Delta t, \quad (i, j = 1, \dots, N; \Delta t = t_{k+1} - t_k), \quad c_{m,i} \quad \text{і} \quad c_{i,m} \quad -$$

пропускна здатність тракту передачі відповідно для тракту до вузла i і від нього;

$u_{i,m}^j(k)$ - частка пропускної здатності тракту $L_{i,m}$, виділена в момент k потоку з адресою j ;

$$y_{i,j}(k) = e_{i,j}(k) \cdot \Delta t \quad - \text{інтенсивність потоку запитів, що надходить на вузол } i$$

для передачі на вузол j за період Δt ;

$e_{i,j}(k)$ - інтенсивність потоку запитів в момент k (сумарна інтенсивність потоків запитів від користувачів, підключених до вузла i і тих, що ведуть обмін з користувачами, підключеними до вузла j).

Зважаючи на обмеженість буферів черг на елементах мережі і пропускних здатностей трактів передачі, на змінні стану та управління накладається ряд обмежень:

$$0 \leq x_{i,j}(k) \leq x_{i,j}^{\max}; \quad (2.6)$$

$$0 \leq u_{i,m}^j(k) \leq 1; \quad \sum_{n=1}^N u_{i,m}^n(k) \leq 1, \quad (2.7)$$

де $x_{i,j}^{\max}$ - максимально допустимий обсяг даних, що знаходиться на елементі мережі i для трафіку з адресатом j .

Система рівнянь (2.5) може бути записана у векторно-матричному вигляді:

$$X(k+1) = A(k) \cdot X(k) + B(k) \cdot U(k) + Y(k), \quad (2.8)$$

де $A(k)$ - одинична матриця розмірності $N \cdot (N-1) \times N \cdot (N-1)$;

$X(k) = [x_{1,2}(k), \dots, x_{i,j}(k), \dots, x_{N,N-1}(k)]^T$ - вектор довжини черги на елементах мережі в момент k розмірності $N(N-1)$;

$U(k) = [u_{1,2}^2(k), \dots, u_{i,j}^j(k), \dots, u_{N,N-1}^{N-1}(k)]^T$ - вектор дольової частини пропускної здатності тракту передачі в момент k ;

$Y(k) = [y_{1,2}(k), \dots, y_{i,j}(k), \dots, y_{N,N-1}(k)]^T$ - вектор інтенсивності потоку запитів, що надходить, в момент k розмірності $N(N-1)$;

$B(k)$ - матриця, елементами якої у відповідності з виразом (2.5) є величини $\pm b_{i,j}(k)$.

В якості критерію оптимальності обрано максимум продуктивності системи, що досягається за період $K\Delta t$, який в рамках вищезазначеної моделі формалізується як:

$$J = \sum_{K=0}^{K-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N B(k)U(k) \rightarrow \max, \quad (2.9)$$

де K - кількість інтервалів Δt , для яких здійснюється розрахунок керуючих змінних (інтервал прогнозування).

Перевірка виконання умови керованості системи:

$$\text{rank}[B, AB, \dots, A^{n-1}B] = n, \quad (2.10)$$

де $n = N(N - 1)$.

Затримка пакетів і джитер мережі, описаної системою рівнянь (2.5), оцінюються згідно (2.1) та (2.2) відповідно.

Виходячи з системи рівнянь (2.5):

$$Z_{i,j}(k) = (x_{i,j}(k) - m),$$

де $Z_{i,j}(k)$ - це число втрачених даних,

m - об'єм буферного пристрою.

Отже, коефіцієнт втрати пакетів розраховується за формулою (2.3).

Згідно з розглянутим описом динаміки мультисервісної мережі проведено аналітичне моделювання, в якому розглядається модель, що складається з двох зв'язаних між собою вузлів мережі (рис. 2.1).

Пропускна здатність тракту передачі між вузлом 1 і 2 позначена як $C_{12} \cdot Y_{12}$ -

інтенсивність потоку запитів, що надходять на вузол 1 для передачі на вузол 2 (значення коливається від 70 до 130 зап/сек залежно від типу трафіку). Максимальний об'єм буферного простору на кожному вузлі розглянутої моделі - 40 запитів, (значення коливається від 10 до 40 запитів).

Фрагмент імітаційної моделі досліджуваної схеми мережі, що моделюється, представлений на рис. 2.2.

У даній моделі вхідний потік заявок грає роль потоку запитів, що надходять на вузол мережі у випадкові моменти часу. Випадковий процес надходження запитів представлений функцією розподілу інтервалів між запитами. Ці інтервали описуються пуассонівським розподілом.

Якщо в момент надходження запиту буфер порожній і вузол вільний, то запит відразу ж передається на обслуговування.

Якщо в момент надходження запиту буфер порожній, але вузол зайнятий обслуговуванням запиту, що надійшов раніше, то запит очікує завершення процесу обробки запиту у буфері. Буфер вважається кінцевим, тобто запити губляться через те, що вичерпана ємність буфера. Як тільки вузол завершує обслуговування чергового запиту, запит передається на вихід, а на вузол надходить наступний запит з буфера за умови, що буфер не порожній.

Таким чином, об'єкт, що моделюється, подається у вигляді інформаційної системи зі зворотним зв'язком.

У математичному сенсі модель являє собою систему кінцево-різницевого рівнянь, що розв'язується на основі чисельного алгоритму інтегрування (за схемою Ейлера або Рунге-Кутта [12]) з постійним кроком і заданими початковими значеннями.

При проведенні експерименту кожен параметр роботи мережі приймає одне з декількох значень, в той час як значення інших фіксуються. Залежно від цього змінюється значення розглянутих показників якості роботи мережі.

Якщо значення показника якості роботи мережі, що аналізується, істотно змінюється при зміні певного параметра, то даний показник якості має високу чутливість. Якщо при значних змінах деякого параметра не спостерігається

сильних змін у значеннях показника якості, це свідчить про його низьку чутливості до даного параметру.

Даний підхід забезпечує достатню точність результатів аналізу при меншому числі даних.

Для визначення з числа діючих показників якості тих, які найбільш чутливі до змін параметрів роботи мережі, проводиться аналіз поведінки мережі при надходженні в мережу різного типу трафіку: трафіку реального часу, трафіку даних і змішаного трафіку. Проведено 30 ітерацій, результати аналізу даних, отримані в результаті моделювання, занесені в таблиці 2.3 - 2.5.

При проведенні експерименту інтенсивність трафіку реального часу змінювалась в межах 80 зап/сек, трафіку даних - від 70 до 130 зап/сек. Вибір дольової частини пропускної здатності, що використовується, був зроблений на підставі аналізу мережі провайдера Interoute.

Для визначення з числа розглянутих показників якості тих, які найбільшою мірою чутливі до змін параметрів роботи мережі, проводиться аналіз мережі на предмет того, чи істотно змінюються числові значення показників якості, коли припущення про параметри змінюються в заданому діапазоні. Оскільки параметри володіють ефектом взаємодії, тобто комбінованим впливом на показники якості, даний етап є необхідним.

Даний аналіз дозволяє проводити оцінку впливу параметрів мережі на зміну значення показників якості, обраних згідно пункту 2.1.

Для відбору критичних показників якості за даними таблиць проводиться порівняння значення показників якості мережі, отриманих в результаті моделювання, з пороговим значенням, встановленим у відповідності з обраним класом обслуговування (табл. 2.1).

Якщо значення показника якості не значно змінюється при зміні параметра, то вважається, що розглянутий показник якості володіє слабкою чутливістю до параметра, що змінюється, а даний параметр не є критичним.

Всі некритичні параметри і відповідні їм значення показників якості видаляються з таблиці.

Аналіз параметрів, що впливають, дозволяє визначити показники за різними комбінаціями параметрів і дає можливість досліджувати ефективність кожної з можливих комбінацій.

Перевагою даного методу є можливість оцінки взаємодії параметрів - зміни характеру впливу на функцію відгуку одного з параметрів залежно від значення іншого. Даний підхід забезпечує достатню точність результатів аналізу при меншому числі даних.

За результатами аналізу складається список найбільш чутливих показників якості роботи мережі.

У процесі проведення моделювання змінювалися основні параметри мультисервісної мережі (інтенсивність інформаційного потоку, інтенсивність обслуговування і т.д.) і вимірювалися зміни значень показників якості.

При передачі трафіку реального часу дані повинні передаватися рівномірним потоком. При цьому, відповідно до проведеного аналізу отриманих результатів моделювання, важливими параметрами є затримка пакета і дисперсія затримки (джитер), тоді як допускається часткова втрата даних.

Трафік даних, у свою чергу, чутливий до цілісності переданих даних, однак при цьому він нечутливий до часових параметрів.

Для змішаного трафіку, відповідно до результатів проведеного аналізу, чутливими є як ймовірність втрат, так і затримка пакетів.

Графік залежності часової затримки, ймовірності втрат і джитера від основних параметрів, що впливають, представлений на рис. 2.3-2.5.

Отримані дані, які наведені на графіках (рис.2.3-2.5), показали, що найбільш критичним до змін параметрів роботи мультисервісної мережі є такий показник якості, як час затримки, тобто незначна зміна параметрів мережі значно змінює даний показник якості.

Залежно від чутливості до часових затримок, основні типи послуг можна

умовно розділити на кілька груп [23]:

- Асинхронні послуги: час затримки практично не обмежується. Приклад: електронна пошта.
- Синхронні послуги: чутливі до затримок, але допускають їх.
- Інтерактивні послуги: затримки можуть бути зафіксовані кінцевими користувачами, однак при цьому вони не погіршують функціональності програм. Приклад: текстовий редактор, що працює з віддаленим файлом.
- Ізохронні послуги: при виникненні затримок, що перевищують необхідний поріг, функціональність програми різко знижується. Приклад: передача голосу, коли при перевищенні порога затримок в 100 - 150 мс якість відтвореного голосу різко погіршується.
- Надчутливі до затримок послуги: виникнення затримок при наданні послуг зводить функціональність до нуля. Приклад: додатки, що керують технічним об'єктом в реальному часі. При запізненні керуючого сигналу на об'єкті може статися аварія.

На підставі результатів аналізу для оцінки динаміки зміни стану мережі вибрано час відгуку, складовою частиною якого є найбільш чутливий показник якості - час затримки.

Час відгуку мережі, відповідно до рекомендацій МСЕ, визначається як інтервал часу між виникненням запиту користувача до якої-небудь мережевої служби і отриманням відповіді на цей запит [24].

Час відгуку мережі складається з декількох складових:

- час підготовки запитів на терміналі користувача;
- час передачі запитів між користувачем і сервером через сегменти мережі і проміжне комунікаційне обладнання;
- час обробки запитів на сервері;
- час передачі відповідей від сервера користувачеві і час обробки відповідей, що отримуються від сервера, на терміналі користувача;
- час затримки, що вноситься на кожному етапі обробки запиту.

Знання складових часу відгуку дозволяє оцінити продуктивність окремих

елементів мережі, виявити вузькі місця і, при необхідності, виконати модернізацію мережі для підвищення її загальної продуктивності.

Значення часових показників якості роботи мережі (зокрема, часу відгуку мережі, затримки, джитера) залежать від типу послуги, яку запитує користувач. А також від того, який користувач і до якого екземпляру сервісу звертається і від поточного стану інших елементів мережі - завантаженості елементів мережі, через які проходить запит, завантаженості сервера і т.п.

Отже, для зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності процесів управління мережами зв'язку та їх елементами потрібні нові механізми забезпечення умов для високої якості обслуговування QoS [23, 25].

Вирішення цих проблем представляє важливу наукову задачу, визначальну необхідність проведення досліджень пов'язаних з розробкою методів управління мультисервісними мережами і підвищенням ефективності процесів управління в реальних системах управління з урахуванням висунутих вимог, зокрема, мінімізації часу відгуку мережі. Також необхідно враховувати, що мінімізація затримки і часу відгуку за рахунок мінімізації часових затримок у мережах з однорідним трафіком забезпечується на етапі проектування.

3. УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

3.1 . Класифікація типів несправностей

За останні роки не тільки зросла залежність від успішного функціонування мережі, а й стала складнішою структура мережевого середовища. У мережах все частіше застосовуються різні типи середовища передавання, численні протоколи, а іноді в процесі роботи встановлюються з'єднання з мережами невідомого типу [17].

У зв'язку з широким впровадженням мультисервісних послуг необхідно враховувати різні фактори, які призводять до виникнення несправностей в телекомунікаційних мережах. Типи несправностей, що виникають при наданні послуг в мультисервісних мережах, неоднорідні.

Система управління та відновлення працездатності елементів згідно [26] повинна виконувати наступні вимоги:

- забезпечення заданого рівня експлуатаційної надійності;
- планування і забезпечення обслуговування та ремонту на всіх рівнях;
- врахування зміни умов експлуатації, топології, якості та надійності мережі.

Аналіз описаних вище вимог дозволяє виділити наступні завдання для системи управління:

1. Забезпечення працездатності елементів мережі. Дане завдання полягає в контролі працездатності технічних елементів мережі. При вирішенні даної задачі необхідно використовувати аналіз і прогнозування стану мережі, програмного забезпечення та існуючих завдань, що дозволить усувати несправності, які виникають;

2. Забезпечення працездатності операційних систем і прикладного програмного забезпечення (ПЗ). Дане завдання полягає у забезпеченні коректного функціонування програмного забезпечення, вирішенні проблем взаємодії різних програмних засобів один з одним та іншим апаратно-програмним забезпеченням;

3. Забезпечення цілісності, безпеки і працездатності даних. Ця задача зводиться до забезпечення захисту даних від будь-яких дій, що їх спотворюють;

3. Забезпечення працездатності периферійного, мережевого і комунікаційного обладнання.

Для задоволення всіх завдань, що стоять перед СУ, необхідно проаналізувати джерела збоїв роботи мережі і виявити найбільш вразливі елементи. Для цього необхідно застосовувати критерій коефіцієнта готовності для окремих елементів і додаткові випадкові джерела помилок. З цією метою було проведено аналіз статистичних даних роботи різних фрагментів мережі провайдера Interoute за рік. Результати аналізу зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Число несправностей, що виникають на різних етапах обробки запитів в мультисервісній мережі

Джерела виникнення несправностей	Збій у роботі серверів	Вихід з ладу мережевого обладнання	Збої при передачі даних	Помилки в ПЗ мережевих елементів	Помилки в програмній реалізації послуг
curium	173	1037	1383	172	691
iridium	134	803	1072	133	536
platinum	221	1322	1763	220	880
lithium	220	1325	1766	222	883
yttrium	125	752	1002	126	500

Випробування на надійність пов'язані з величезними витратами і вони тим вищі, чим вищі вимоги пред'являються до показників надійності [29]. При аналізі надійності можливе виникнення ситуації, коли несправність в роботі мережі не виявляється системою моніторингу. Невиявлення несправності може привести до простоїв, які небезпечні як втратою з економічної точки зору для оператора, так і втратою користувачів, а в сучасних умовах, і великими штрафними санкціями, зумовленими порушенням SLA з боку оператора. Для забезпечення надійності

мережі слід проводити всі необхідні заходи для запобігання можливих несправностей. З метою спрощення цієї задачі для виконання заявлених вимог необхідно класифікувати несправності, які виникають в мультисервісних мережах.

Відповідно до отриманих даних всі несправності умовно можна розділити на несправності, що виникають в програмному забезпеченні, несправності мережевого обладнання та несправності апаратного забезпечення. Однак при такій класифікації залишаються без уваги несправності, що виникають на стиках цих трьох типів. Отже, в роботі пропонується класифікація, яка дозволяє враховувати всі можливі несправності, що виникають в мультисервісних мережах:

- 1) несправності апаратного забезпечення: апаратне забезпечення (сервер), на якому розташовується сервіс;
- 2) мережеві апаратні несправності: активне і пасивне мережеве обладнання;
- 3) мережеві несправності: протоколи передачі даних;
- 4) несправності мережевого ПЗ: компоненти операційної системи сервісу, які беруть участь у взаємодії з мережею;
- 5) несправності ПЗ: програмного забезпечення сервера, на якому знаходиться сервіс.

Класифікація несправностей дозволить спростити завдання виявлення і локалізації, що, в свою чергу, дозволить вирішити завдання відновлення працездатності і якості функціонування системи в найкоротші терміни.

3.2 . Розробка методу локалізації несправностей в мультисервісних мережах

Аналіз методів моніторингу стану елементів управління мультисервісними мережами

Для вирішення завдання виявлення несправностей здійснюється збір,

обробка та аналіз інформації про стан елементів системи управління мультисервісними мережами [20, 21]. Для збору інформації про стан елементів системи управління використовуються різні методи моніторингу. Найбільш поширені з них - це метод пасивної діагностики та метод активного тестування.

Метод пасивної діагностики передбачає збір інформації про стан системи (наприклад, за допомогою програмних агентів), яка потім обробляється для пошуку джерел несправностей [23, 24].

До пасивних засобів діагностики мережі відносяться аналізатори мережевих протоколів [25] і програми на основі SNMP з підтримкою RMON1/RMON2 [14]. Метод пасивної діагностики заснований на аналізі мережевого трафіку. Аналізуючи і декодуючи мережевий трафік, ці засоби дозволяють виявити симптоми некоректної роботи додатків.

При пошуку несправностей у роботі мультисервісної мережі за допомогою методу пасивної обробки, якість роботи мережі оцінюють по відсутності симптомів несправностей.

Ефективність даного методу залежить від двох основних факторів:

1. Можливості діагностичного засобу, що використовується, з визначення симптомів несправностей. Що більше симптомів може виявити діагностичний засіб і що більше компонентів мережі він охоплює, тим він ефективніший. Ефективність діагностичного засобу також залежить від того, які типи несправностей при передачі даних він дозволяє виявити; чи всі пакети перехоплює за високої завантаженості мережі; чи визначає час відгуку кожного вузла мережі, факти перевантаження сервера.

2. Точність методів локалізації, що застосовуються.

При методі пасивної обробки втручання в роботу системи є мінімальним. Але при цьому пошук джерела несправностей може зайняти тривалий час з втратою великої кількості симптомів, а також слід враховувати, що чим більшими можливостями володіє діагностичний засіб, тим він дорожчий.

Завдяки зручності використання метод пасивної діагностики є основним інструментом для виявлення несправностей в роботі мережі.

Метод активного тестування передбачає використання тестових перевірок для знаходження несправностей [26, 27].

Метод активного тестування передбачає наявність сервера моніторингу, який генерує тестові запити, перевіряє результати відгуку системи.

Всі характеристики, що вимірюються методом пасивної діагностики, є непрямими ознаками того, як працює мережа. А от показником стану мережі, як показав аналіз, проведений у пункті 2.3, служить час відгуку мережі. Тому, знаючи, яким час відгуку має бути, і вимірявши його фактичне значення, можна зробити висновки про наявність у мережі несправностей. Слід врахувати, що передача тестового запиту не повинна істотно позначатися на обробці мережею запитів користувача.

В якості тестових запитів в даному методі використовуються файлові операції, так як вони є найбільш поширеним типом операцій прикладного рівня мережі [28]. Більшість додатків базується саме на файлових операціях. Крім того, аналіз часу відгуку при обробці файлових операцій на число помилок прикладного рівня перевіряє функціонування всього стека протоколів на всіх елементах системи.

Якщо час відгуку при обробці файлових операцій неприпустимо низький, то причину цього визначити легко, так як в якості транспортного протоколу при файлових операціях найчастіше використовуються TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI, а ці протоколи дешифруються практично всіма аналізаторами мережевих протоколів.

До недоліків даного методу варто віднести значне втручання в роботу системи шляхом внесення додаткової інформаційної надмірності, а також неможливість виявлення деяких несправностей за допомогою перевірок.

Зазвичай даний метод використовується на етапі пуско-налагодження мережі і після істотних модифікацій її архітектури або топології.

Розробка алгоритму локалізації несправностей

Для локалізації несправностей, визначених під час моніторингу системи,

використовуються численні методи і алгоритми, що застосовуються тільки для вирішення окремих завдань в певних умовах [26].

Недоліком найпростіших з них є те, що такі методи не в змозі визначити незначні зміни параметрів функціонування мультисервісних мереж, які свідчать про наявність широкого спектра несправностей [29].

Більш складні методи вимагають високої точності у визначенні сценарію діагностики, що не завжди є можливим, а також вимагає значних витрат з боку операторів послуг при їх реалізації.

Для усунення зазначених недоліків пропонується розробка алгоритму локалізації несправностей на основі матриці гіпотез.

В основу алгоритму покладено використання матриці типів несправностей $F = [f_1, f_2, \dots, f_n]$ і матриці симптомів $S = [s_1, s_2, \dots, s_n]$, які можуть бути причиною виникнення однієї або декількох несправностей з F одночасно.

Матриця несправностей і матриця симптомів, що виникають, є основою для визначення матриці можливих гіпотез $H = [h_1, h_2, \dots, h_p]$, яка може симптоми, що виникають. Кожна гіпотеза містить набір несправностей, які пояснюють всі симптоми, що виникли при діагностиці системи.

Після отримання інформації від системи моніторингу перевіряється точність оцінки, тобто перевіряється, чи містить висунута гіпотеза h_i всі симптоми, що виникли.

Якщо більшість взаємопов'язаних симптомів виникнення несправності пояснюються висунутою гіпотезою h_i , процес локалізації завершується вибором найбільш відповідної гіпотези, що описує виникнення несправності.

У разі якщо гіпотезу, здатну описати всі симптоми, що виникли, не визначено, набір симптомів, які сприяли відмові від висунутої гіпотези h_i , вимагає повторного підтвердження. Якщо симптоми не підтверджуються, система визначає, які симптоми виникли. В результаті у відповідності з новими симптомами регулюється точність гіпотези h_i . У разі, якщо з новим набором

симптомів система не може визначити відповідну гіпотезу з матриці H , створюється нова гіпотеза h_j .

Цей процес повторюється, поки не буде обрано гіпотезу, яка з найбільшою точністю відповідає симптомам, що виникли, і типам несправностей, що визначені матрицею F . Коли найбільш відповідну гіпотезу визначено - результат процедури локалізації передається СУ.

Запропонований алгоритм локалізації несправностей наведено на рис.3.1.

Варто врахувати, що симптом S_i може бути причиною виникнення декількох несправностей $f_i, (f_i \in F_{S_i})$ одночасно з різною імовірністю $p(S_i | f_i) \in (0, 1]$. Тобто якщо на етапі діагностики було виявлено симптом s_i , як мінімум одна з несправностей $f_i, (f_i \in F_{S_i})$ повинна виникнути.

Для розрахунку вірогідності гіпотези h_i , що висувається при виникненні симптому S_i , запропоновано функцію $D(h)$:

$$D(h) = \frac{\prod_{S_i \in S_{f_i \wedge h}} (1 - \prod_{f_i \wedge h} (1 - p(S_i | f_i)))}{\prod_{S_i \in S_{\emptyset}} (1 - \prod_{f_i \wedge h} (1 - p(S_i | f_i)))}, \quad (3.1)$$

де $p(S_i | f_i)$ - імовірність того, що симптом S_i є причиною виникнення несправності f_i ;

S_{\emptyset} - безліч симптомів, визначених при діагностиці;

$S_{f_i \wedge h}$ - безліч симптомів, які визначають несправність f_i , що відповідає гіпотезі h .

Для оцінки ефективності запропонованого алгоритму проведено порівняльний аналіз даного алгоритму з пасивним, який обрано як приклад простих методів, і з методом з використанням сценарію, як прикладу складних методів. Результати оцінки представлені на рис. 3.2.

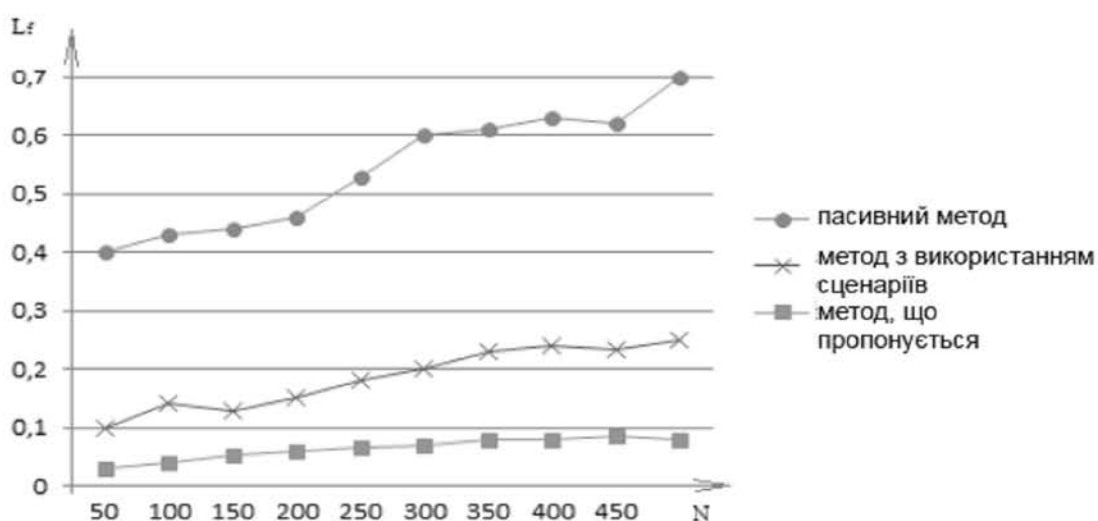


Рисунок 3.2. Графік залежності числа помилкових спрацьовувань від розміру мережі

Аналіз отриманих результатів показав, що даний алгоритм дозволяє підвищити точність локалізації несправностей завдяки точності визначення гіпотез про несправності та оптимізації процесу вибору дії, що, в свою чергу, сприятиме швидкості їх усунення.

Наступний етап після локалізації - усунення несправностей, що виникли в роботі мультисервісної мережі. Управління усуненням несправностей є невід'ємною частиною всієї СУ.

3.3. Дослідження ефективності процесів управління усуненням несправностей

Забезпечення технічного обслуговування мереж зв'язку та їх елементів відповідно до Рекомендації ІТУ-Т М.20 [30] передбачає проведення відновлювальних робіт. Роботи з усунення несправностей проводяться або системою управління (у разі, якщо несправність можливо усунути автономно), або за допомогою людських ресурсів.

Виходячи з цього, для оцінки ефективності процесів відновлення системи

запропоновано підхід, відповідно до якого в залежності від поточного значення показника якості функціонування елементів системи виділяється три стани елементів системи:

- 1) задовільна якість функціонування, проведення відновлювальних робіт є недоцільним;
- 2) задовільна якість функціонування, але доцільно приступити до проведення відновлювальних робіт;
- 3) незадовільна якість функціонування, є необхідним проведення відновлювальних робіт.

В процесі роботи системи управління встановлюється наявність збою в роботі системи, і для відновлення функціональних властивостей виконується процедура діагностики, в результаті якої з'ясовується, до якої групи належить дана відмова і які заходи необхідно вжити для її усунення.

На процес відновлення впливають такі фактори, як наявність резервного ресурсу, різний час відновлення працездатності елементів мережі в залежності від типу несправності, можливість автономного відновлення [31]. Враховуючи ці фактори, в якості алгоритму процесу централізованого усунення несправностей можна обрати алгоритм з відносними або абсолютними пріоритетами заявок [32].

Пріоритет - це число, що характеризує ступінь важливості запиту на усунення несправності при використанні ресурсів системи, зокрема, процесорного часу: чим вище пріоритет, тим вище важливість. При цьому, чим вище важливість запиту, тим менше часу він буде проводити в очікуванні. Пріоритет може призначатися директивно адміністратором системи в залежності від важливості роботи або внесеної оплати, або обчислюватися самою системою управління за певними правилами, він може залишатися фіксованим впродовж усього життя запиту або змінюватися в часі відповідно до деякого закону. В останньому випадку пріоритети називаються динамічними.

Існує два різновиди пріоритетних алгоритмів: алгоритми, що використовують відносні пріоритети, і алгоритми, які використовують абсолютні пріоритети [33, 34].

В обох випадках вибір запиту на виконання з черги здійснюється однаково: обирається процес, що має найвищий пріоритет. По-різному вирішується проблема визначення моменту зміни активного процесу.

В системах з відносними пріоритетами активний запит на усунення несправності виконується доти, доки несправність не буде повністю усунена, перейшовши в стан очікування (або ж відбудеться помилка, або обробка запиту завершиться).

В системах з абсолютними пріоритетами виконання активного процесу переривається ще при одній умові: якщо в черзі запит на усунення несправності, пріоритет якого вищий пріоритету активного запиту. У цьому випадку перерваний запит переходить у стан готовності.

На рис. 3.3 показані графи станів процесу для алгоритмів з відносними (а) і абсолютними (б) пріоритетами.

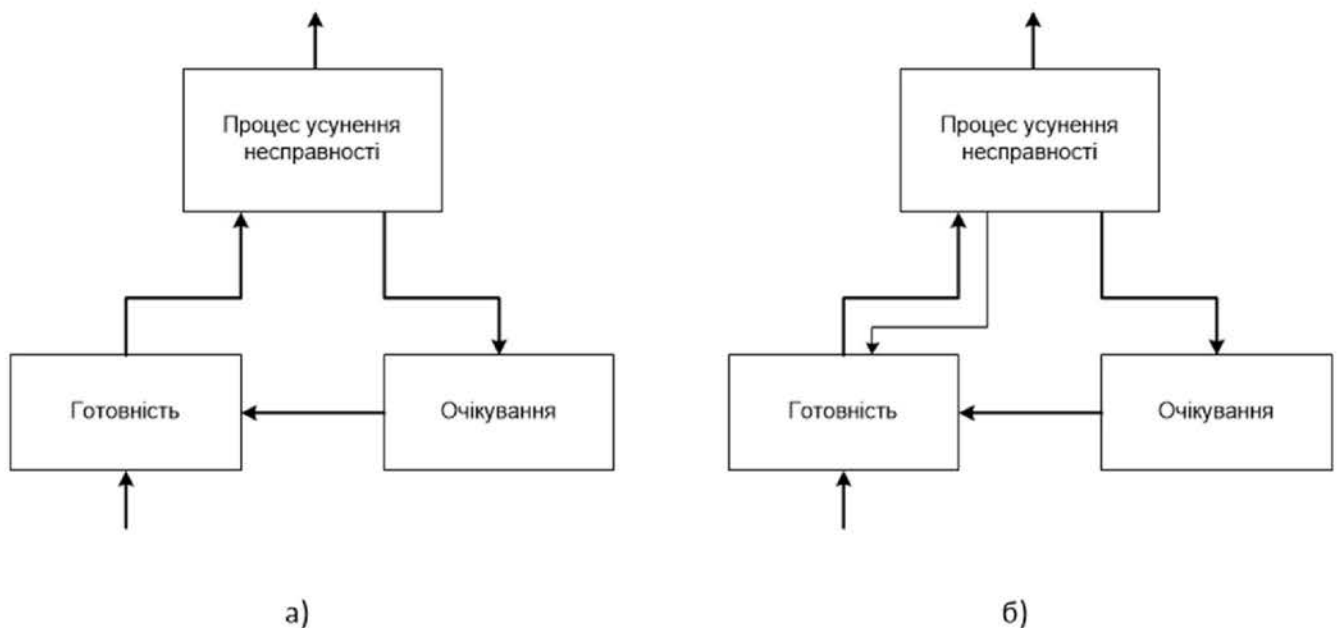


Рисунок 3.3. Графи станів процесів у системах з відносними пріоритетами (а); з абсолютними пріоритетами (б)

Відповідно до алгоритмів усунення несправностей, в якості показників ефективності розглянутого процесу управління як величини, що характеризує функціонування об'єктів в стані «3» з незадовільною якістю приймемо T_0 -

середній час очікування відновлення об'єктом у стані «3».

На сьогоднішній день забезпечення надійності надання послуг досягається за рахунок внесення надмірності ресурсів [34]. Визначення потреби в надмірності ресурсів є важливим завданням як на етапі проектування, так і при експлуатації мультисервісних мереж. Слід пам'ятати, що ця надмірність часто збільшує кількість ресурсів, що використовуються, в кілька разів з урахуванням додаткового обладнання, призначеного для моніторингу системи забезпечення відмовостійкості елементів мережі.

Для визначення необхідності дублювання систем усунення несправностей запропоновано модель станів мережі при усуненні несправностей, що представляє собою замкнутий імовірісно-часовий граф (рис.3.4).

Імовірність задовільного функціонування, але бажаного відновлення на графі представлена P_{12} ; P_{23} - імовірність незадовільного функціонування, необхідне відновлення; P_{21} , P_{31} - імовірність переходу в стан задовільного функціонування. Нормальний стан елемента системи на графі представлено станом «Н», «БВ» - стан бажаного відновлення, «НВ» - стан необхідного відновлення.

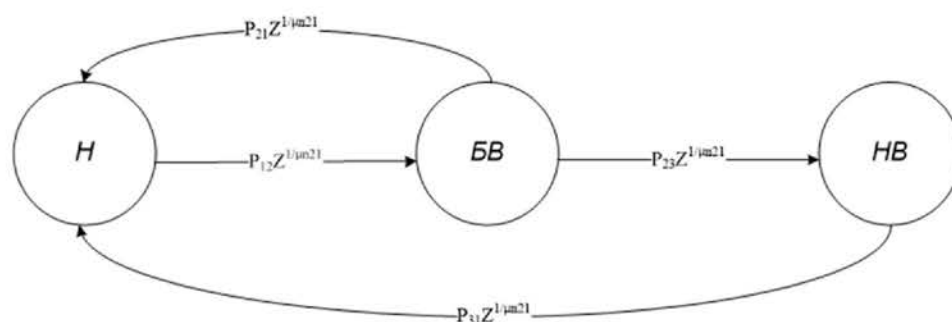


Рисунок 3.4. Імовірісно-часовий граф станів елемента системи

Обраний показник ефективності процесів управління усуненням несправностей в мультисервісній мережі відповідно до отриманого імовірісно-часового графу (рис.3.4) розраховується наступним чином:

$$T_0 = \left. \frac{df}{dz} \right|_{z=1}, f = P_{12} z^{1/\lambda_{12}} (P_{21} z^{1/\mu_{21}} + P_{23} P_{31} z^{\frac{\mu_{31} + \lambda_{23}}{\mu_{31} \lambda_{23}}}), \quad (3.2)$$

де λ_{12} , λ_{23} - інтенсивності переходу зі стану «1» в стан «2» і зі стану «2» у стан «3» відповідно під впливом потоку відмов;

μ_{21} , μ_{31} - інтенсивності обслуговування елемента мережі при його відновленні в стан «1»;

n - кількість відновлювальних елементів системи;

$P_{12} = 1$, оскільки описує повну групу подій.

На рис.3.5 приведено залежність середнього часу відгуку T_c від числа відновлювальних бригад N при різних значеннях часу відновлення робочого стану.

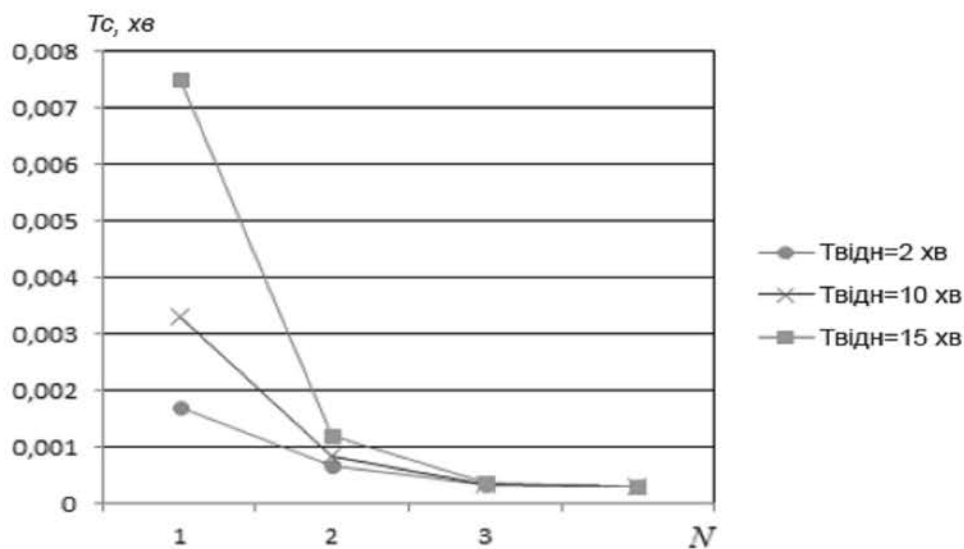


Рисунок 3.5. Графік залежності середнього часу відгуку від числа відновлювальних елементів системи

Отриманий графік показує, що при заданих вихідних даних з урахуванням вимог до різних типів трафіку (пункт 2.2) не потрібно більше двох відновлювальних елементів системи. В якості відновлювальних елементів можуть виступати як автоматизовані системи, так і людські ресурси (за вибором провайдера).

3.4 . Розробка моделі усунення несправностей в мультисервісній мережі

В процесі пошуку несправностей в мультисервісних мережах повинен застосовуватися структурний підхід. Якщо пошук несправностей ведеться безсистемно, то непродуктивно витрачаються цінні часові та матеріальні ресурси, а іноді при цьому можливе навіть погіршення стану мережі [17]. У процесі усунення несправностей в мультисервісних мережах необхідно визначити конкретні симптоми несправності, а потім систематично усувати всі можливі причини несправностей до тих пір, поки всі симптоми не зникнуть.

При вирішенні завдання усунення несправностей в якості основи для розробки моделі управління усуненням несправностей в мультисервісних мережах запропоновано наступну поетапну методику:

1. Отримання докладної інформації про несправність, що виникла. Чітке визначення і повний опис. Моніторинг стану елементів мультисервісної мережі.
2. Визначення найбільш імовірних причин виникнення несправності. Локалізація несправності.
3. Усунення несправності відповідно до моделі, що була запропонована в пункті 3.3.
3. Перевірка, чи усунуто несправність і чи працює мережа належним чином.
5. У тому випадку, якщо проблема не усунена, необхідно переглянути дії, виконані на третьому і четвертому етапі.
6. Реєстрація несправності та її вирішення. Цю інформацію можна використовувати в майбутньому для спрощення локалізації подібних несправностей.

Відповідно до запропонованої методики розроблено модель управління усуненням несправностей, алгоритм роботи якої наведено на рис. 3.8.

Відповідно до алгоритму, запропонованого в розділі 2, проводиться моніторинг роботи мережі. У разі виникнення повідомлення про несправність (збій в роботі), система визначає її тип. У разі якщо тип несправності відомий,

відбувається вибір відповідного методу її усунення, локалізація і усунення несправності. У разі якщо тип несправності невідомий, система проводить аналіз даних моніторингу. На підставі проведеного аналізу визначається метод діагностики подібного типу несправностей шляхом рекурсивного аналізу всіх рівнів мережевої моделі. Якщо процес діагностики проведено успішно, система переходить у стадію локалізації несправності та подальшого усунення несправності.

Дана модель дозволяє забезпечити контроль і управління несправностями в мультисервісній мережі з метою визначення причини їх виникнення.

Використання моделі управління несправностями в мультисервісній мережі допомагає підвищити якість обслуговування за рахунок своєчасного виявлення проблем, зменшення часу їх усунення, скорочення простоїв.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання, що полягає в підвищенні якості обслуговування в мультисервісних мережах шляхом удосконалення методів управління послугами, які забезпечують моніторинг стану елементів мережі і керування усуненням несправностей.

За результатами вирішення поставленого завдання зроблено такі висновки:

1. Аналіз існуючих архітектур мультисервісних мереж, в основу розвитку яких покладено концепцію мереж зв'язку наступного покоління NGN, показав, що при врахуванні вимог QoS виникає необхідність у розробці відповідних засобів управління різномірним трафіком. Ці засоби повинні забезпечувати усунення перевантажень і несправностей у роботі мультисервісних мереж. Визначено, що для управління і забезпечення якості обслуговування в мультисервісних мережах на сьогоднішній день найбільш поширеною у використанні є технологія TMN. Проведено аналіз вимог до мультисервісних мереж, який показав, що технологія TMN не в повній мірі задовольняє вимогам, що висувуються до впровадження та управління новими послугами.

2. При впровадженні нових послуг виникає необхідність у розвитку існуючих і впровадженні нових технологій побудови систем управління. Аналіз існуючих технологій проектування систем управління мультисервісними мережами показав, що в якості основи для розробки систем управління найбільш відповідає вимогам до мультисервісних мереж веб-орієнтована архітектура. Дана архітектура являє собою вдосконалену технологію SOA.

3. В результаті аналізу вимог до мультисервісних мереж сформульовано набір основних показників якості роботи мережі, до яких відноситься час затримки, джитер та імовірність втрат. Різні типи трафіку відносяться до різних класів обслуговування. Відповідно до цього, сформульовано вимоги до ресурсів мультисервісних мереж залежно від типу послуги, що надається. Проведено оцінку чутливості основних показників якості до змін параметрів мережі. На підставі даних, отриманих в результаті оцінки, найбільш чутливим є такий

показник як час затримки. Отже, час відгуку, складовою частиною якого є час затримки, обрано в якості критерію оцінки динаміки зміни станів мережі.

5. На підставі аналізу надійності існуючих SOA-систем удосконалено метод забезпечення надійності надання послуг в мультисервісних мережах на основі веб-орієнтованої архітектури. Вибір екземпляру сервісу в даному методі ґрунтується на інформації, отриманій при моніторингу станів екземплярів сервісу. Аналіз станів проводиться відповідно до запропонованої моделі, що базується на імовірно-часових графах. Використання даної моделі дозволяє визначити рекомендований інтервал формування тестових запитів, що дозволяє підвищити коефіцієнт готовності мережі.

6. Досліджено метод управління відновленням технічної готовності мультисервісних мереж. Новизна методу полягає в розробці моделі оцінки складності несправностей і часу відновлення функціонування елементів мережі. В рамках даної моделі запропоновано введення показника трудомісткості процесу відновлення, який включає в себе середній час та вартість відновлення, а також ступінь впливу несправності на функціонування елементів мережі.

7. Аналіз запропонованої моделі оцінки складності несправностей та відновлення функціонування елементів системи запропоновано метод управління усуненням несправностей. В рамках даного методу розроблено підхід до локалізації несправностей, в основу якого покладено принцип визначення гіпотези про причину несправності. Порівняльний аналіз даного та існуючих підходів показав, що запропонований підхід до локалізації несправностей в рамках розробленого методу управління усуненням несправностей дозволяє підвищити точність діагностики в 2.6 разів.

Перевагою запропонованого методу також є його структурний підхід до управління усуненням несправностей, що дозволяє підвищити якість обслуговування за рахунок своєчасного виявлення несправностей, зменшення часу їх усунення, скорочення часу простоїв.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ITU-T Recommendation Y.2001 Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks – General overview of NGN. Geneva: International Telecommunications Union. – 2005
2. ITU-T Recommendation M.3000 Series M: TMN and network maintenance: international transmission systems, telephone circuits, telegraphy, facsimile and leased circuits – Overview of TMN recommendation. Geneva: International Telecommunications Union. – 2001.
3. Гольдштейн Б.С. Проблемы перехода к мультисервисным сетям [Текст]/ Б.С. Гольдштейн // Вестник связи. – 2002. – № 12. – С. 26-31.
4. ITU-T Recommendation M.3120 Series M: TMN and network maintenance: international transmission systems, telephone circuits, telegraphy, facsimile and leased circuits – CORBA generic network and network element level information model. Geneva: International Telecommunications Union. – 2001.
5. ITU-T: TMN Guidelines for Defining CORBA Managed Objects. Draft Rec. Study Group 4. Telecommunication Standardization Sector Contribution (WP4/4). - Torrance, CA, USA, 14-18 August, 2000.
6. CORBA. The Common Object Request Broker: Version 3.0 [Текст]: Architecture and Specification. OMG.
7. Оберг, Р. Дж.. Технология COM+. Основы и программирование = Understanding and Programming COM+ [Текст]: A Practical Guide to Windows 2000 First Edition./ Роберт Дж. Оберг. – М.: «Вильямс», 2000. – 480с.
8. Distributed Component Object Model (DCOM) Remote Protocol Specification Copyright. Microsoft Corporation. – USA, 2009. – 124p.
9. Маквитти Л. Архитектура SOA как она есть [Электронная версия] / Лори Маквитти // Сети и системы связи. – 2006. - №2. Режим доступа: http://www.ccc.ru/magazine/depot/06_02/read.html?0104.htm
10. Westerman J. SOA Today: Introduction to Service-Oriented Architecture. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.information->

management.com/news/7992-1.html

11. Компас в мире сервис-ориентированной архитектуры (SOA): ценность для бизнеса, планирование и план развития предприятия/ [Биберштейн Н., Боуз С., Джонс К. и др.] – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007. –256 с.
12. Камер Д. Сети TCP/IP, том 1. Принципы, протоколы и структура 4-е издание / Дуглас Камер. - М.:Вильямс, 2003. - 880 с.
13. Султанов В.М. Simple Network Management Protocol (SNMP). Обзор.
14. Stallings W. SNMP, SNMP v2, SNMP v3, and RMON 1 and 2, Third edition./ W. Stallings - MA. Addison-Wesley, 1998. - 619p.
15. Дорф. Р. Современные системы управления. / Р. Дорф, Р. Бишоп. –М.:ЛБЗ, 2004. – 832 с.
16. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. / В.М. Вишневский - М: Техносфера, 2003. – 512 с.
17. МСЭ-Т Рекомендация E.800. Серия E: Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы. - Определение терминов, относящихся к качеству обслуживания. Женева: Международный Союз Электросвязи. – 2009.
18. ITU-T Recommendation G.1000. Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. - Communications quality of service: A framework and definitions. Geneva: International Telecommunications Union. – 2002.
19. ITU-T Recommendation E.802. Series E: Overall network operation, telephone service, service operations and human factors - Framework and methodologies for the determination and application of QoS parameters. Geneva: International Telecommunications Union. – 2007.
20. Харитонов В.В. Качество обслуживания и эффективное использование ресурсов в мультисервисных сетях / В.В. Харитонов // Вестник связи. – 2004. – №12. – С. 48-55.
- 21.29. Milbrandt J. Moving on to Next Generation Ip Networks - Performance Evaluation of Efficient Resource Management Concepts / Jens Milbrandt. - VDM Verlag., 2008. – 232p.

22. Cormode G. Algorithms for Next Generation Networks Series: Computer Communications and Networks. 1st Edition / Graham Cormode, Marina Thottan. – XX, 2010. – 462 p.
23. ITU-T Recommendation Y.2011. Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - General principles and general reference model for Next Generation Networks. Geneva: International Telecommunications Union. – 2004.
24. Cisco IOS IP SLAs Configuration Guide, Release 12.4. [Электронный ресурс]. - USA: Cisco Systems Inc., 2006. - 234p. Режим доступа: http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_4/ip_sla/configuration/guide/hsthresh.html
25. ITU-T Recommendation Y.1540. Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters. Geneva: International Telecommunications Union. – 2011.
26. Контроль показателей качества обслуживания с учетом перехода к сети связи следующего поколения / Б. С. Гольдштейн, М. А. Маршак, Е. Д. Мишин [та ін.]// Техника Связи. - 2009. - №1.– С.14-18.
27. Franken L. Quality of Service Management: A Model-Based Approach / Leonard Franken. - Centre for Telematics and Information Technology, 1996. – 267 p.
28. DCE Administration Guide International Business Machines Corporation, 2001.
29. Common Object Request Broker Architecture (CORBA) Specification, Version 3.1.1. [Электронный ресурс] – Object Management Group, Inc., 2008. – 250p. Режим доступа: <http://www.omg.org/spec/CORBA/3.1.1/Components/PDF>
30. Pinnes E. Operations and Management for Next Generation Networks / E. Pinnes. - ASTAP IP-based networks Management & Internet Charging seminar Bangkok. February 22-24, 2001.
31. Henning M. The Rise and Fall of CORBA / Michi Henning // ACM Queue, Volume 4. - 2006. – № 5. – 4-8p.

32. Хорстманн Кей С. Java 2. Библиотека профессионала, том 2. Тонкости программирования. 7-е издание. / Кей С. Хорстманн, Гари Корнелл; пер. с англ. В.В.Вейтман. – М.: Вильямс, 2007. – 896с.
33. Кудерметов Р.К. Концептуальная и формальная модели систем с сервис-ориентированной архитектурой / Р.К. Кудерметов // Науковий вісник Чернівецького університету. Комп'ютерні системи та компоненти. - 2009. – Вип. 446. - с.94-99.
34. Web Tools Platform User Guide. [Электронный ресурс] / Eclipse documentation - Current Release. – Canada: Eclipse Foundation, Inc., 2008. Режим доступа:
<http://help.eclipse.org/indigo/index.jsp?topic=/org.eclipse.jst.ws.doc.user/concepts/cwstopdown.html>